

**COMUNE DI ROCCAGLORIOSA**  
**(PROVINCIA DI SALERNO)**

**PROGETTO: REALIZZAZIONE DI IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA  
12.020 KWP IN LOC. G5B H5 'J 9B 9F 9  
- Foglio 26 partt. 10-11-12-32 e 51 -**

**STUDIO SISMICO**

COMMITTENTE: sig. Pierro Nicola

ALLEGATI:

- Corografia, in scala 1:20.000;
- Aerofotogrammetria, in scala 1:5.000;
- Cartografia di PSAI A.d.B. ex-Campania Sud;
- Carta geolitologica del substrato e delle coperture;
- Planimetria con indicazione delle indagini in sito;
- Sezione geologica, scala 1:500;
- APPENDICE 1: Indagini sismiche a rifrazione;
- APPENDICE 2: Prova penetrometrica dinamica;
- APPENDICE 3: Verifiche di stabilità del pendio.



Il Geologo  
- Dott. Davide Padulo -

## 1. PREMESSA

Su incarico della committenza, é stata redatta la presente relazione finalizzata a fornire un'adeguata caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica - ai sensi delle vigenti *NTC 2018* approvate con *D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"* - dell'area interessata dalla realizzazione di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica della potenza pari a 12.020 KWp. Il sito ricade nel Comune di Roccagloriosa, alla Loc. GUbhU'J YbYfY, in catasto al Foglio 26 partt. 10-11-12-32 e 51 con un'estensione complessiva di Ha 20.60.00.

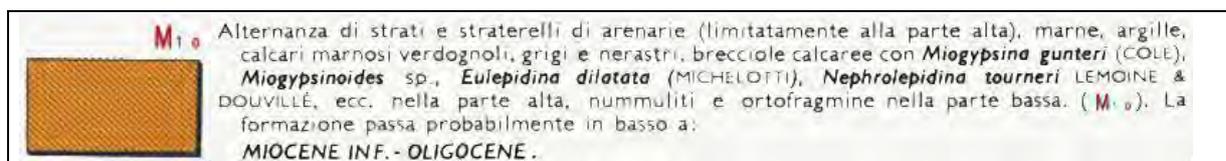
A tal fine sono stati eseguiti dettagliati rilievi geologici, geomorfologici ed idrogeologici estesi all'intero ambito territoriale di riferimento rispetto alle condizioni di stabilità del complesso opera-terreno ed opera-pendio, il tutto integrato dalle seguenti indagini in sito finalizzati alla caratterizzazione geologico-geotecnica e sismica in conformità con quanto stabilito dalla vigente normativa tecnica:

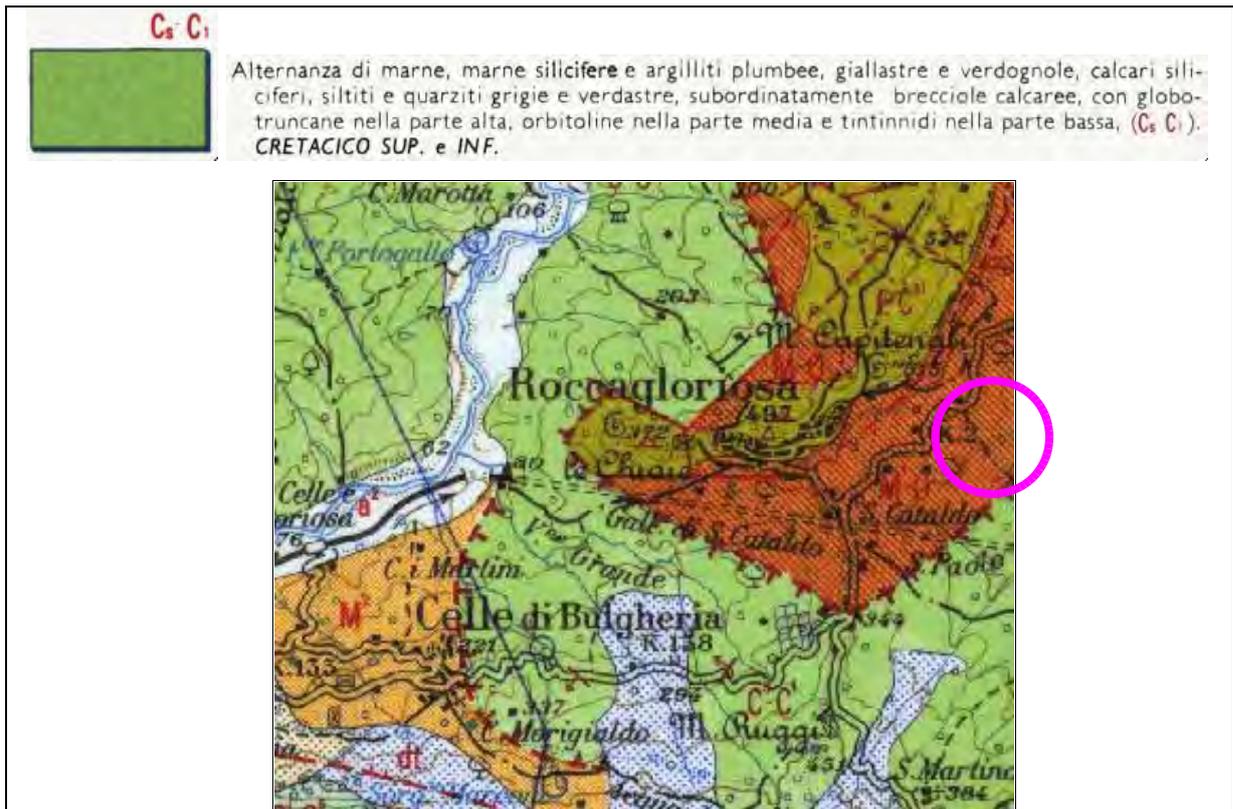
- n. 1 prova penetrometrica dinamica (APPENDICE 1);
- n. 3 prospezione sismica a rifrazione (APPENDICE 2).

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORGOLOGICO

Dal punto di vista geologico-strutturale, la bibliografia ufficiale (*Carta Geologica d'Italia 1:100.000, Foglio 210 "Lauria"*, vedi stralcio in Fig. 1) riferisce la presenza di due differenti successioni che vengono a contatto in rapporto tettonico e per sovrascorrimento: Unità di Roccagloriosa e l'Unità del Flysch del Cilento, ovvero Complesso Liguride Auct.

Fig. 1. Stralcio della Carta Geologica d'Italia, F° 209 "Vallo della Lucania" con indicazione dell'area d'intervento





Successivi studi di geologia regionale, basati su correlazioni stratigrafiche e dati biostratigrafici, hanno reinterpretato le successioni del Flysch del Cilento affioranti permettendo il riconoscimento nell'area della Formazione del Saraceno che, insieme alla Formazione delle Crete Nere, costituisce la falda alloctona di origine interna denominata Unità Nord-Calabrese. Nell'ambito di tali successioni sono presenti sequenze che, per i caratteri litologici e strutturali, sono assimilabili alle successioni tipiche del cosiddetto Complesso Sicilide e, quindi, definite "Successioni ad Affinità Sicilide" (Bonari et alii, 1988). L'insieme dei terreni appartenenti all'Unità Nord-Calabrese ed alle "Successioni ad Affinità Sicilide" formano ciò che in letteratura scientifica vengono definite "Unità Interne".

La recente bibliografia scientifica, pertanto, attribuisce i terreni affioranti nell'area alle seguenti successioni stratigrafico-strutturali:

- **Unità di Roccagloriosa**, di età Cretacico-Miocene, costituita da una serie stratigrafica potente circa 200 metri che presenta caratteri di transizione tra una zona di piattaforma (piattaforma carbonatica campano-lucana) e ambiente profondo di bacino individuabile lungo il margine interno della piattaforma carbonatica;

- *Unità Interne*, di età Cretacico-Eocene, caratterizzate da successioni torbiditiche argilloso-calcareo-silicoclastiche derivanti dalla deformazione di un dominio bacinale interno rispetto alla piattaforma campano-lucana. La serie definita da Bonardi et alii (1992) é individuata, dal basso verso l'alto, dalle seguenti formazioni:

- *Formazione delle Crete Nere* (Giurassico-Eocene), costituita da argille fessurate con fratture aciculari e straterelli quarzitici e calcilutitici (membro a "black shales"); strati quarzitici ed argille marnose fessurate (membro a quarziti);

- *Formazione del Saraceno* (Eocene - Oligocene), costituita da calcilutiti e calcareniti in strati, con presenza di noduli e liste di selce nera;

- *Successioni ad affinità Sicilidi* (Cretacico Sup. - Oligocene), costituita da calcari marnosi, marne e argille con impregnazioni mangesifere (membro litoide); argille e argille marnose varicolori, strati e straterelli di calcilutiti e quarziti (membro politico).

La successione di Roccagloriosa, invece, che per i suoi caratteri tettono-sedimentari può essere assimilata ad una sub-Unità Stratigrafico Strutturale, costituisce l'ossatura della dorsale prevalentemente calcarea che si allunga in direzione SE-NW tra gli abitati di Roccagloriosa e Castel Ruggero. La serie comprende, dal basso verso l'alto, le seguenti formazioni:

- *Formazione dei Calcari Cristallini* (Cretacico Sup. - Paleocene), costituita da calcari in strati e grossi banchi amalgamati e completamente cristallizzati;

- *Formazione di Monte Capitanali* (Paleocene - Eocene), formata da calcareniti e calciruditi in strati con decimetriche intercalazioni politiche varicolori;

- *Formazione di Boccaladrone* (Paleocene-Eocene) costituita da straterelli calcarenitici alternati ad orizzonti politico-marnosi;

- *Formazione di San Cataldo* (Miocene Inf.), formata da argille marnose nerastre fessurate, quarziti, calcilutiti e brecciole calcaree.

Dal punto di vista fisiografico (vedasi allegata cartografia di inquadramento territoriale), l'area in esame ricade lungo la parte media dell'ampio versante che si sviluppa, in direzione NW-SE, dalla dorsale collinare di Monte Capitanali fino al fondovalle del Fiume Bussento.

Il rilievo di M.te Capitanali (515 m s.l.m.) costituisce una dorsale monoclinica (tipo "Cuesta") prevalentemente calcarea delimitata da zone collinari a morfologia più dolce.

Dal punto di vista strutturale la dorsale monoclinica, immergente verso NW, è delimitata lungo la scarpata sud-orientale da un evidente lineamento strutturale, tipo faglia normale, che ribassa l'intera successione verso SE di qualche centinaia di metri; altre faglie, ad andamento trasversale e di minore rigetto, dissecano la dorsale monoclinica. Il versante collinare occidentale di Monte Capitanali, quindi, rappresenta una sorta di dorso di "Cuesta" caratterizzato da una morfologia articolata in ripiani intermedi e tratti di raccordo in relazione all'affioramento delle litologie calcaree intermedie della successione.

Rispetto all'ambito territoriale di riferimento si possono identificare le seguenti entità geomorfologiche differenziabili per caratteri altimetrici e morfometrici omogenei:

➤ La parte alta, corrispondente al versante montuoso sommitale di Monte Capitanali, che si estende dalla cresta e fino ad una quota di circa 350 m s.l.m., presenta pendenze più elevate fino a balze verticali di alcune decine di metri in prossimità della cresta sommitale. Tale settore è caratterizzato dalla presenza di potenti successioni calcaree costituita da calcilutiti e calcareniti grigie in strati e banchi che costituiscono i termini basali dell'Unità di Roccagloriosa (formazioni dei Calcari Cristallini e di M.te Capitanali).

➤ La parte intermedia, corrispondente alla fascia pedemontana compresa tra il versante sommitale e il fondovalle sottostante, denota un evidente stacco a morfologie meno acclivi per la presenza di successioni fliscioidi più erodibili, costituite prevalentemente da argilliti e marne appartenenti ai termini sommatiali della stessa Unità di Roccagloriosa (formazioni di Boccaladrona e San Cataldo).

➤ La parte bassa, infine, coincide con la zona pianeggiante di fondovalle caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali legati alla dinamica attuale e recente del Fiume Bussento.

Dal punto di vista morfologico, il sito (ubicato entro una fascia altimetrica compresa tra 175 m e 290 m s.l.m.) rientra nell'ambito della fascia collinare del piedimonte caratterizzata da versanti di tipo erosionale-deposizionale con pendenze variabili da 5-10%, lungo i crinali collinari e i ripiani intermedi, fino a 30-40% in prossimità di fossi ed impluvi del reticolo idrografico.

L'attuale andamento morfologico e le tendenze morfoevolutive del versante sono strettamente connesse al sistema morfoclimatico attuale, tuttavia essi risentono marcatamente dei processi morfogenetici passati legati a regimi morfoclimatici avutisi durante le fasi fredde del Quaternario (Wurm). Durante queste fasi, infatti, è prevalsa la produzione di detrito grossolano derivante dal sovrastante fronte montagnoso e ridistribuito lungo il versante sotto forma d'ampie falde detritiche. Tali coperture detritiche sono state progressivamente smantellate, soprattutto in seguito ad approfondimento del reticolo drenante, secondo meccanismi erosivi e gravitativi. I prodotti derivanti da questi ultimi processi costituiscono attualmente i corpi deposizionali detritico-argillosi che sono localizzati nelle zone più depresse del versante, nonché nel settore oggetto del presente studio.

L'analisi geomorfologica porta a concludere, quindi, che l'area in esame rientra in un settore territoriale modellato in passato prevalentemente da movimenti di massa in gran parte morfogenizzati e che attualmente si trovano in uno stato di sostanziale quiescenza, vista la loro relativa morfogenizzazione testimoniata dalle deboli pendenze e dagli impluvi molto svasati a fondo concavo.

### **3. ASPETTI IDROGEOLOGICI**

Nell'ambito delle indagini di campagna è stato eseguito un opportuno rilievo idrogeologico finalizzato all'individuazione dello schema di circolazione idrica sotterranea per l'area in studio. L'inquadramento idrogeologico è stato sviluppato mediante osservazione delle condizioni d'affioramento dei termini litologici, sul loro stato d'alterazione e sui reciproci rapporti stratigrafico-strutturali.

Lo schema idrogeologico generale dell'area è controllato dall'idrostruttura carbonatica di M.te Capitenali che, nell'insieme, è caratterizzata da terreni ad elevata permeabilità per fratturazione e carsismo. L'infiltrazione e la circolazione idrica sotterranea, notevolmente favorita dalle forme carsiche ipogee, alimenta principalmente una consistente falda di base che trova recapito prevalente verso il versante NW. Altre sorgenti, di entità relativamente più modesta, si ritrovano anche sul versante meridionale

per la presenza di deflussi secondari localizzati soprattutto nell'ambito delle coperture detritico-calcaree affioranti abbondantemente tra gli abitati di Torre Orsaia e Castel Ruggero

I terreni siltitici del piedimonte, viceversa, sono caratterizzati da una scarsa permeabilità primaria per la presenza di livelli argillosi e marnosi pressoché impermeabili. Più apprezzabile risulta la permeabilità secondaria legata soprattutto a fratturazione dei strati litoidi siltitici, localmente accentuata per effetto di stress tettonici che hanno determinato deformazioni e pieghe alla scala metrica e decametrica. All'interno di questi terreni, quindi, si verifica un modesto deflusso idrico sotterraneo, localizzato essenzialmente all'interno della coltre superficiale più alterata ed allentata e che si esplica attraverso un deflusso parallelo al versante. Sulla base di tali caratteristiche idrogeologiche, ai terreni del substrato è attribuibile un C.I.P. (coefficiente di infiltrazione potenziale) valutabile in circa 10-15%.

I terreni di copertura detritico-colluviali sono caratterizzati da una permeabilità per porosità di grado variabile in funzione del contenuto in matrice limo-argillosa (C.I.P. 10-30%).

Il censimento idrogeologico condotto sull'area fa ipotizzare la presenza di una ridotta circolazione idrica sotterranea limitata alla coltre eluvio-colluviale essenzialmente nei periodi a maggiore piovosità che determina una modesta falda di tipo libero con livello piezometrico variabile stagionalmente entro un'intervallo tra -2 m e -4 m dal p.c.

Per quanto riguarda il deflusso superficiale, la presenza di diffuse coperture eluvio-colluviali a matrice limo-argillosa determinano una prevalente aliquota di ruscellamento idrico superficiale. L'idrografia risulta, pertanto, ben definita e caratterizzata da reticolo che, nel complesso, è caratterizzato da pattern "detritico" - tipico in presenza di terreni a prevalente componente argillosa - in cui, tuttavia, si denota un certo controllo strutturale e tettonico per la presenza di pieghe e faglie che dislocano le strutture del substrato pre-quadernario.

L'area d'intervento ricade all'interno del bacino idrografico del Vallone Isca che si estende in direzione Ovest-Est lungo il piedimonte di M.te Bulgheria e M.te Capitenali e fino al sottostante fondovalle del F.me Bussento. Nel complesso tale vallone, caratterizzato da un modesto deflusso idrico di base (valutabile mediamente in circa 10

litri/sec) e un regime delle portate molto irregolare per il verificarsi di picchi in coincidenza di fenomeni piovosi, rappresenta un tipico "torrente di scavo" ossia corso d'acqua in cui l'energia della corrente liquida, oltre a trasportare a valle i materiali che scendono dalle pendici, tende anche a scavare il letto di fondo.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche fisiografiche e morfologiche del sotto-bacino idrografico del Vallone Ferrara all'interno del quale ricade l'area d'intervento:

Superficie = 78 Ha

Perimetro = 3,9 km

Quota max = 345 m s.l.m.

Quota min = 70 m s.l.m.

Quota media = 205 m s.l.m.

Lunghezza asta principale = 1,24 km

#### **4. INDAGINI IN SITO**

Ad integrazione e supporto dei rilievi geologici di superficie, è stato eseguito il seguente programma d'indagini volto ad investigare le aree che la vigente cartografia di PSAI classifica a maggior pericolosità/rischio idrogeologico (con grado P2/R2, come indicato nei stralci cartografici allegati):

- n° 2 prospezioni sismiche a rifrazione;
- n° 1 prova penterometrica dinamica continua.

##### **4.1. INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE**

Sono state effettuate n. 3 prospezioni sismiche a rifrazione volta soprattutto a precisare il limite stratigrafico tra le coperture detritiche ed il sottostante substrato litoide. Tali indagini, infatti, sono state posizionate in corrispondenza dei principali fenomeni gravitativi individuati nella vigente cartografia di PSAI in modo da definirne gli spessori medi.

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale SARA mod. Doremi, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali da 2 msec. a 0.05 msec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" tramite starter collegato al circuito trigger del sismografo;
- filtri High Pass e Band Reject;
- acquisizione dati ad incremento di segnale;
- convertitore SAR a 16 bit;
- geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 8 Kg.

In dettaglio sono state realizzate delle stese sismiche con lunghezza pari a 18 m, adoperando n° 12 geofoni a frequenza variabile tra i 10 e 14 Hz e disposti con distanza intergeofonica ed offset variabili. Sono state eseguite n. 2 battute (diretta e coniugata ai due estremi dell'allineamento) con energizzazione del terreno ottenuta mediante massa battente di 8 Kg impattante una piastra circolare connessa al terreno e disposta parallelamente al p.c. in modo da generare prevalentemente onde elastiche di compressione (onde P).

Rimandando allo specifico elaborato di sintesi (vedi APPENDICE 1), si evidenzia che:

- dalla prova **SS1** si denota una copertura superficiale (caratterizzata da velocità delle onde sismiche  $V_p$  pari a circa 390 m/s) con spessore variabile fino a circa 3 m;
- la prova **SS2**, invece, indica una copertura superficiale detritica (caratterizzata da velocità  $V_p$  variabile da 250 a 450 390 m/s) con spessore variabile fino a circa 4 m;
- la prova **SS3**, infine, denota una copertura detritica (caratterizzata da velocità  $V_p$  variabile da 300 a 650 m/s) con spessore variabile fino a circa 3 m.

#### 4.1. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

E' stato realizzato un saggio penetrometrico del tipo leggero finalizzata ad indagare nel sottosuolo ed avere adeguate informazioni di tipo geologico-stratigrafico e idrogeologico.

Il penetrometro adoperato, del tipo "DM30-M" della Geo Deep Drill, è dotato delle seguenti caratteristiche:

- maglio a caduta libera dall'altezza di 20 cm e del peso di 30 Kg;
- punta conica a perdere del diametro di 3,56 cm, di sezione 10 cmq ed angolo alla punta pari a 60°;
- aste del diametro di 20 mm, della lunghezza di 100 cm e del peso di 2,4 Kg;
- motore monocilindrico a quattro tempi azionante una pompa idraulica ad innesti rapidi.

La prova è stata spinta fino alla profondità di 4,30 m dove l'attrezzo è andato a rifiuto.

Il numero di colpi registrato per ogni 10 cm d'infissione è stato riportato su un sistema di assi cartesiani su cui, alla fine, è stato dedotto l'istogramma complessivo della prova. Dal numero di colpi "N" è stato possibile determinare la resistenza dinamica "Rd" del terreno, mentre la morfologia degli istogrammi ha permesso di ricostruire il modello geologico-stratigrafico del sito.

I risultati della prova penetrometrica sono riportati in dettaglio nello specifico allegato in APPENDICE 1. Nello specifico il saggio ha permesso di individuare:

- un primo strato superficiale, caratterizzato da uno spessore di 1,00 m e un numero di colpi mediamente basso (N=5), correlabile alla copertura agraria e/o riporto antropico posto a sistemazione dell'area di pertinenza del fabbricato;
- un secondo strato, caratterizzato da uno spessore di 2,80 m e un numero di colpi mediamente pari a N=15, correlabile alla copertura detritico-colluviale a prevalente matrice limo-sabbiosa che si rinviene anche in scavi realizzati nei dintorni;
- un ultimo strato, infine, caratterizzato da un numero di colpi relativamente alto (N=41) e rapidamente passante a rifiuto, correlabile alla coltre più alterata ed allentata del substrato litoide in posto.

Nel corso della prova, inoltre, è stato individuato un livello piezometrico alla profondità di -3,40 m dal p.c.

Il saggio penetrometrico ha permesso, infine, di attribuire i principali parametri fisico-meccanici dei terreni incontrati, attraverso i vari metodi di calcolo riportati nella letteratura tecnica (vedi APPENDICE 2).

## 5. CARATTERI GEOLOGICI, GEOTECNICI E SISMICI

### 5.1. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Successivamente all'indagine geologica e geomorfologica a largo raggio, è stata eseguita un'attenta analisi delle condizioni locali, mediante dettagliati rilievi geologici e geomorfologici di superficie dirette ad approfondire adeguatamente la caratterizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo. Per tale rilievo si è fatto riferimento alle specifiche carte tematiche (*Carta delle Coperture sciolte e Carta Geolitologica del Substrato*) pubblicate a corredo del vigente PSAI e di cui si allega uno stralcio significativo alla presente relazione.

A tal fine sono stati distinti i terreni litoidi del substrato pre-quadernario ("Bedrock") da quelli delle sovrastanti coperture quadernarie, prevalentemente sciolte. Questa distinzione evidenzia sia la differente origine ed evoluzione sia le caratteristiche litotecniche che distinguono i diversi corpi geologici riconosciuti e cartografati.

#### Coperture quadernarie

*Depositi colluviali*, di età Pleistocene medio - Olocene, comprendono detriti eterometrici a prevalente componente sabbioso-limosa, caratterizzati da spessore variabile (vedi Foto 2). I clasti litoidi sono prevalentemente spigolosi e nell'ambito del deposito non è evidente la selezione dei clasti. Si dispongono lungo i versanti e/o in concavità vallive secondo geometrie di appoggio sul substrato variabili da luogo a luogo. In corrispondenza dello sbocco di valli secondarie configurano conoidi con l'apice rivolto verso le quote maggiori.



Foto 2

***Detrito di Frana***, di età Pleistocene medio - Olocene, si tratta di accumuli di frana antichi e recenti che ricoprono i versanti dove si alternano ad accumuli colluviali colmando le depressioni morfologiche impostate sul substrato. La maggior parte di tali accumuli deriva dal rimaneggiamento dei depositi di copertura e di porzioni del bedrock allentato, alterato ed ammorbidito, allorquando si concretizzano congiuntamente sfavorevoli condizioni idrogeologiche e morfologiche.

#### **Substrato pre-aternario**

***Formazione di S. Giovanni a Piro (GIP)***, costituite da argilliti varicolori (da giallastro a nerastro), in strati sottili, e calcari marnosi e marne grigio-nerastre talora silicifere, calcareniti (età Miocene inf. - Miocene med.). In affioramento, questi si presentano come una sequenza ordinata, spesso caotica, di strati lapidei ed argilliti; in particolare quest'ultime sono suddivisibili in frammenti, o scaglie ("shear lenses"), centimetrici delimitati da superfici lucide. In base alle caratteristiche strutturali, a tale unità è attribuibile una complessità geotecnica di tipo B2 (Esu, 1977). La presenza di tale

successione è stata accertata sia dalle verifiche di campagna eseguite nella fascia collinare circostante (vedi Foto 3), sia dalle stratigrafie dei sondaggi eseguiti nelle zone limitrofe.



Foto 3

L'insieme dei dati forniti dalle indagini in sito, integrati con le conoscenze acquisite su terreni analoghi in zone limitrofe, permette di assegnare ai litotipi individuati i seguenti parametri geotecnici caratteristici di maggior interesse ingegneristico:

Accumuli detritico-colluviali:

- peso specifico naturale ( $\gamma_n$ ) = 1,80 t/mc
- peso specifico saturo ( $\gamma_s$ ) = 2,00 t/mc
- angolo d'attrito ( $\varphi$ ) = 25°
- coesione drenata (c) = 0,05 kg/cmq
- modulo edometrico (M) = 80 kg/cmq
- coefficiente di sottofondazione (K) = 1,00 kg/cm

Accumuli di frana:

- peso specifico naturale ( $\gamma_n$ ) = 1,90 t/mc
- peso specifico saturo ( $\gamma_s$ ) = 2,00 t/mc

- angolo d'attrito ( $\varphi$ ) = 20°
- coesione drenata (c) = 0,02 kg/cmq
- modulo edometrico (M) = 60 kg/cmq
- coefficiente di sottofondazione (K) = 0,80 kg/cm<sup>2</sup>

#### Substrato litoide:

- peso specifico naturale ( $\gamma_n$ ) = 2,00 t/m<sup>3</sup>
- peso specifico saturo ( $\gamma_s$ ) = 2,20 t/m<sup>3</sup>
- angolo d'attrito ( $\varphi$ ) = 22°
- coesione drenata (c) = 0,15 kg/cmq
- modulo edometrico (M) = 300 kg/cmq
- coefficiente di sottofondazione (K) = 3,0 kg/cm<sup>2</sup>

## 5.2. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

In riferimento alla classificazione sismica del territorio comunale di Roccagloriosa, la Deliberazione di Giunta Regionale n. 5447 del 7/11/2002 riclassificava il territorio comunale dalla *Categoria 3 (bassa sismicità, S=6)* alla *Categoria 2 (media sismicità, S=9)*. In base alla successiva Ordinanza P.C.M. 3274/2003, lo stesso territorio comunale è stato inserito in Zona 2 (a cui corrisponde un'accelerazione di riferimento pari a 0,25 g).

Per la definizione della pericolosità sismica di base del Comune di Roccagloriosa si è fatto riferimento a quanto riportato dalle banche dati ufficiali dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e in particolare al Database Macrosismico Italiano versione DBMI15 (consultabile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>) che fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale 1000-2014. La storia sismica di Roccagloriosa è rappresentata nella seguente figura che riporta gli eventi storici contenuti nel catalogo italiano risentiti al sito:

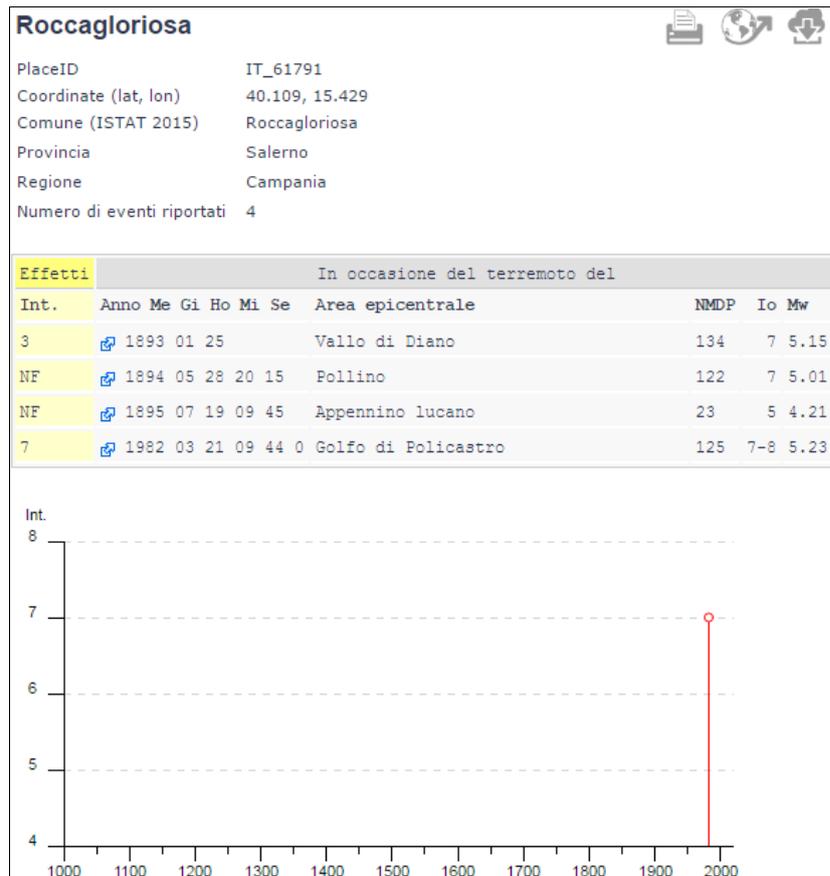


Fig. 2. Storia sismica di Roccagloriosa dal 1000 al 2014 (fonte INGV: DatabaseMacrosismico Italiano - DBMI15).

Per l'area in questione, quindi, si può notare come gli effetti principali siano dovuti, o a sismi di modesta entità più prossimi all'area del Golfo di Policastro, o a sismi provenienti dalla zona della Basilicata (Val d'Agri e Lagonegrese). Nella seguente Fig. 3 si possono notare proprio le zone simogenetiche dell'Appennino Campano-Lucano più prossime all'area in studio e che contribuiscono prevalentemente alla pericolosità sismica della stessa.

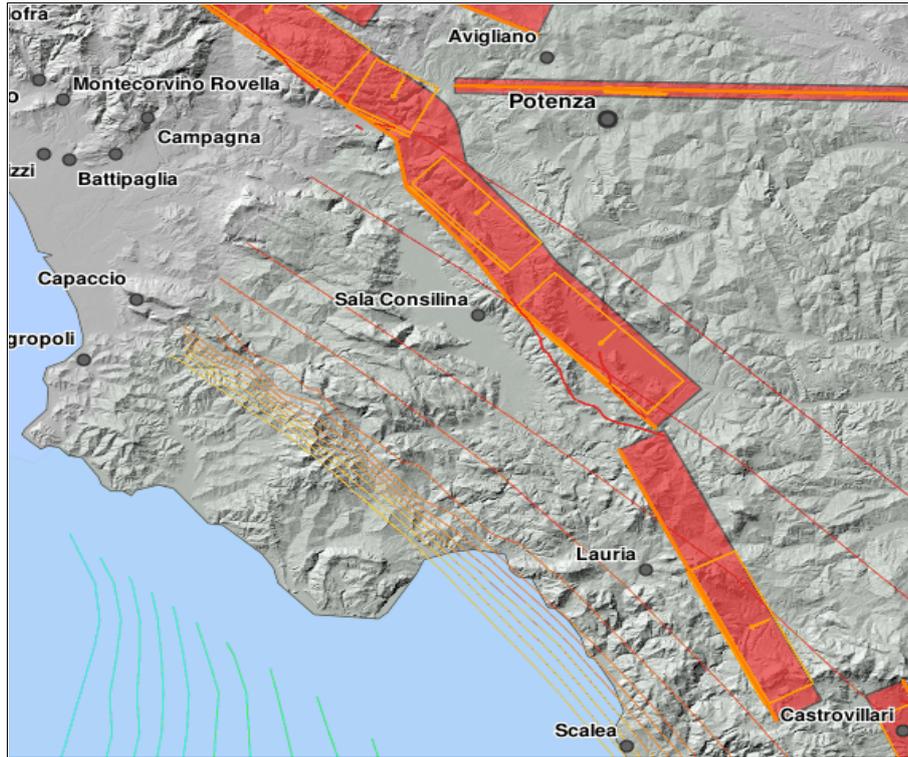
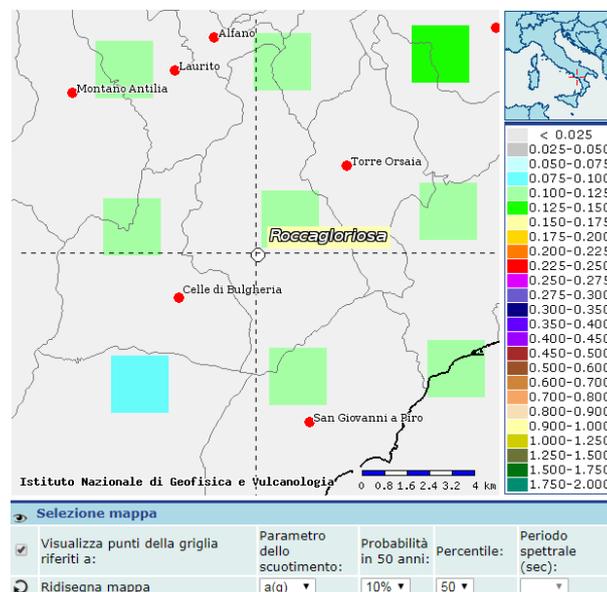


Fig. 3. Mappa delle sorgenti sismogenetiche (fonte INGV: Catalogo Sorgenti Sismogenetiche - DISS).

Vista l'attuale classificazione sismica vigente per il Comune di Roccagloriosa, il valore rappresentativo dell'accelerazione orizzontale di base attesa a scala comunale, a cui si dovrà fare riferimento allo SLV per il sito in questione è pari a **0,111 g**. Tale valore, corrispondente a sollecitazioni su suolo rigido e pianeggiante con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Tempo di ritorno di 475 anni) è ottenuto tramite media pesata sull'inverso della distanza tra l'ubicazione ISTAT del municipio e i circostanti 4 nodi della griglia, riportati di seguito, ove sono calcolati i valori di pericolosità sismica. Nella tabella seguente si riportano, per il sito in esame, i parametri sismici completi che definiscono lo spettro di risposta elastico necessario per la determinazione delle azioni sismiche.

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.036	2.439	0.280
Danno (SLD)	50	0.045	2.453	0.323
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.111	2.537	0.452
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.141	2.588	0.484
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

A seguire, dalla seguente figura emerge che nell'area di studio, i valori espressi in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$  (sempre con probabilità d'eccedenza del 10% in 50 anni e suoli rigidi orizzontali) sono pari a **0,100 - 0,125 g**.



In merito alla definizione della pericolosità sismica di sito, invece, è necessario tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa al bedrock. Per un sito rientrante nelle categorie di sottosuolo A,B,C,D,E di cui alla tabella 3.2.II delle NTC, si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'assegnazione di coefficienti di amplificazione predefiniti in base alla categoria di sottosuolo e a condizioni topografiche semplificate.

In considerazione delle condizioni geologiche e topografiche emerse (anche sulla base delle indagine sismica eseguita in sito), pertanto, possono attribuirsi al sito in esame le seguenti categorie di amplificazione sismica previste dalle NTC 2018:

- **Categoria di sottosuolo: B**
- **Categoria topografica: T1**

## 6. CONDIZIONI DI STABILITA' IDROGEOLOGICA

L'indagine espletata ha consentito di valutare la compatibilità idrogeologica per l'intervento previsto in progetto.

A tal proposito si precisa che il sito d'intervento:

- ricade in zona urbanizzata in modo sparso con presenza di strutture ed infrastrutture antropiche su cui non si rilevano indizi imputabili a condizioni di instabilità idrogeologica;

- non rientra in area classificata a significativo rischio idrogeologico (frana e/o alluvioni) nel vigente "*Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*" approvato dalla Autorità di Bacino Regionale ex-Sinistra Sele, come documentato dagli allegati stralci cartografici.

L'indagine espletata ha consentito di precisare - per i vari fattori di pericolosità geologica - le possibili interferenze con il complesso delle opere previste in progetto. Questi vengono riassunti nella seguente tabella di sintesi:

Scenario di pericolosità	Grado di pericolosità	Note
Frane, crolli e movimenti di versante	Medio	Il sito d'intervento ricade in area a rischio da dissesti di versante, con classe P1-P2/R1-R2, nel vigente PSAI.
Rotolamento massi	Assente	Non esistono pareti o versanti con roccia affiorante immediatamente a monte del sito
Cavità	Assente	
Esondazione	Assente	Il sito è posto a quota relativamente elevata rispetto a fossi e torrenti.
Erosione concentrata	Basso	In sito e al contorno non sono presenti forme di erosione concentrata (solchi, calanchi, ecc.).
Liquefazione	Assente	In sito e nei suoi immediati dintorni non sono presenti depositi di terreni suscettibili di liquefazione.
Addensamento	Basso	Le condizioni di rischio sono legate esclusivamente alla presenza di terreno di copertura più compressibile.

<b>Subsidenza</b>	Assente	In sito e nei suoi immediati dintorni non sono presenti depositi di terreni suscettibili di subsidenza e/o per crolli di cavità profonde.
<b>Faglie attive - rischio attivazione</b>	Assente, ma rischio sismico generico medio-alto	Non sono segnalate faglie attive nelle prossimità del sito. Nell'area, tuttavia, a circa 25-30 km di distanza, sono presenti le faglie attive di Rimendiello-Mormanno e Irpinia-Valle Agri (fonte DISS-INGV).
<b>Faglie capaci - rischio attivazione</b>	Assente	Non sono segnalate faglie capaci in corrispondenza del sito (fonte ITHACA-SGI).
<b>Rischio vulcanico</b>	Assente	
<b>Tsunami</b>	Assente	

Pertanto, alla luce degli scenari di pericolosità geologica delineati, sono state eseguite delle opportune verifiche di stabilità relativa al tratto di pendio nel quale la vigente cartografia di PSAI individua il principale fenomeno gravitativo per il quale sono state eseguite delle opportune indagini in sito (illustrate in dettaglio al precedente paragrafo 4) che hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico illustrato in dettaglio nell'allegata sezione geologica.

Le verifiche sono state sviluppate, per il pendio nelle condizioni ANTE e POST OPERAM, applicando il metodo di JUMBO che è considerato uno tra i più accurati e rappresenta un termine di riferimento per gli altri metodi dell'Equilibrio Limite comunemente utilizzati (Fellenius, Bishop, Bell e Sarma, ecc.). Come illustrato nell'allegato tabulato di calcolo (vedi APPENDICE 3), le verifiche hanno fornito i seguenti coefficienti di stabilità pienamente compatibili rispetto ai valori di soglia stabiliti dalla vigente normativa tecnica ( $F_s > 1,30$ ):

$$F_s \text{ (ante-operam)} = 1,67$$

$$F_s \text{ (post-operam)} = 1,60$$

Questo valore garantisce un buon grado di stabilità con riferimento alle vigenti norme tecniche.

## 8. CONCLUSIONI

L'indagine espletata ha consentito, in definitiva, di caratterizzare l'area attraverso i principali parametri geologico-tecnici e di stabilità ai fini della verifica della compatibilità dell'intervento in oggetto.

**Nell'area oggetto del presente studio non sono stati rilevati condizioni geologiche, idrogeologiche e sismiche tali da poter escludere la fattibilità dell'intervento previsto in progetto.**

In conclusione, quindi, viste le condizioni geologiche, idrogeologiche e sismiche rilevate dal sottoscritto nell'area in oggetto.

Considerata la tipologia e l'entità delle opere in progetto che, peraltro, che risultano coerenti con gli interventi ammessi dalle vigenti norme del P.S.A.I., in conformità agli artt. 16, 18 e 34.

Ravvisato, pertanto, che l'area è da ritenere sostanzialmente idonea rispetto all'intervento previsto, poiché adeguatamente compatibile con il locale assetto idrogeologico e tale da garantire sufficienti condizioni di stabilità rispetto all'insieme opera-terreno ed opera-pendio.

Per questi motivi il sottoscritto

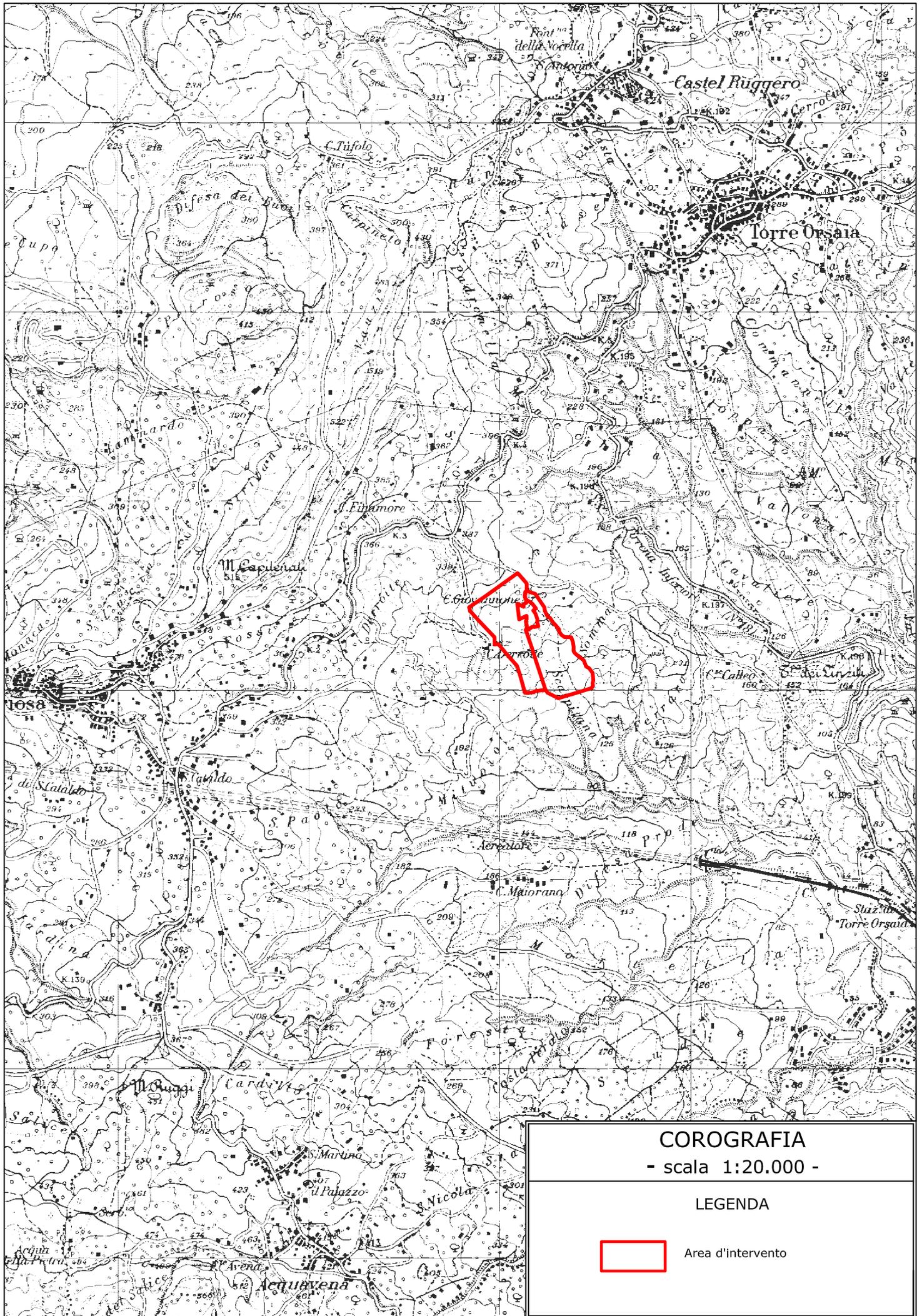
### ATTESTA

**che il sito è da ritenere sufficientemente idoneo rispetto all'intervento previsto poiché adeguatamente compatibile dal punto di vista geologico, idrogeologico e sismico tale da garantire sufficienti condizioni di stabilità con riferimento al complesso opera-terreno ed opera-pendio.**

Torre Orsaia, febbraio 2022

Il Geologo  
- Dott. Padulo Davide -





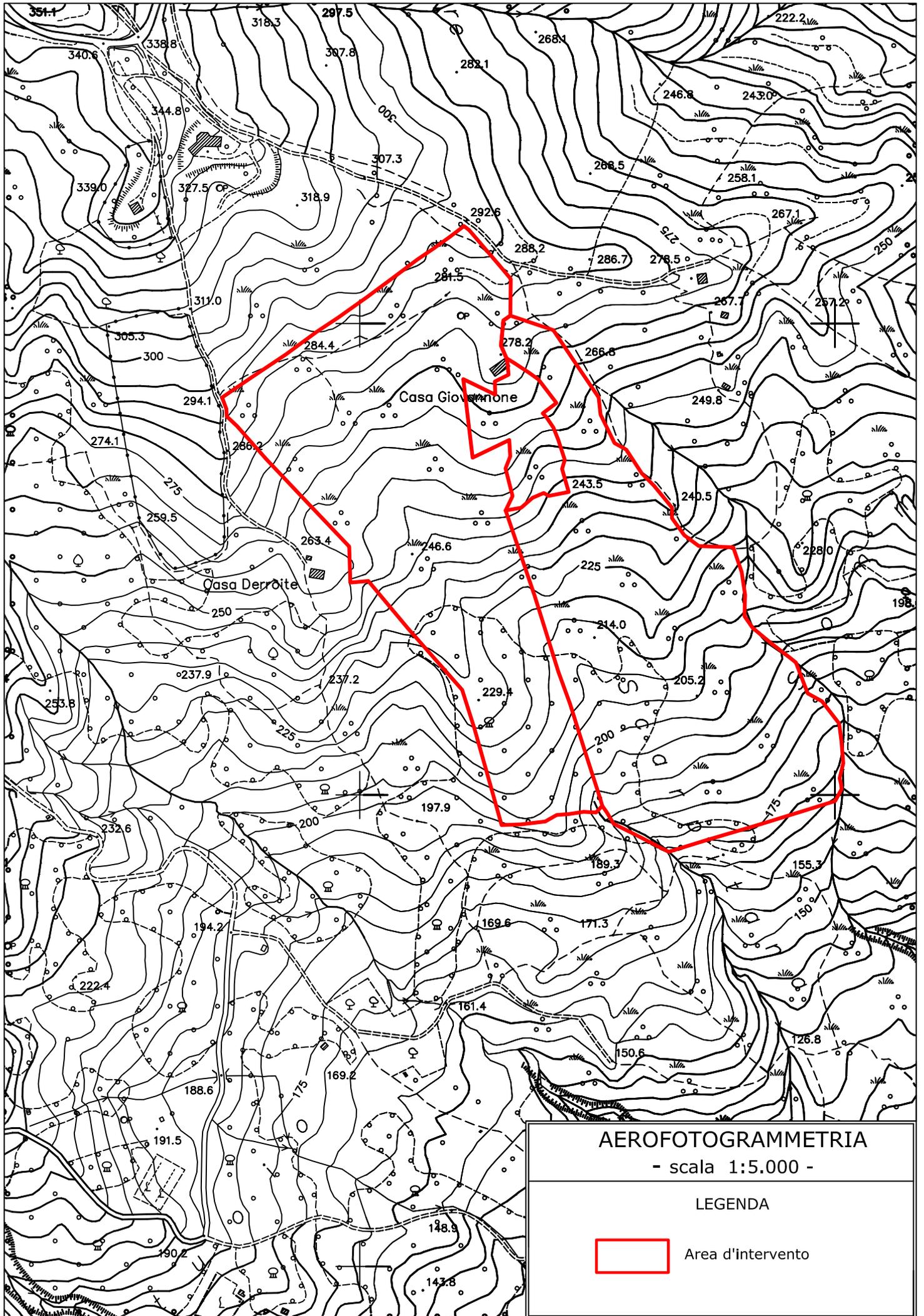
**COROGRAFIA**

- scala 1:20.000 -

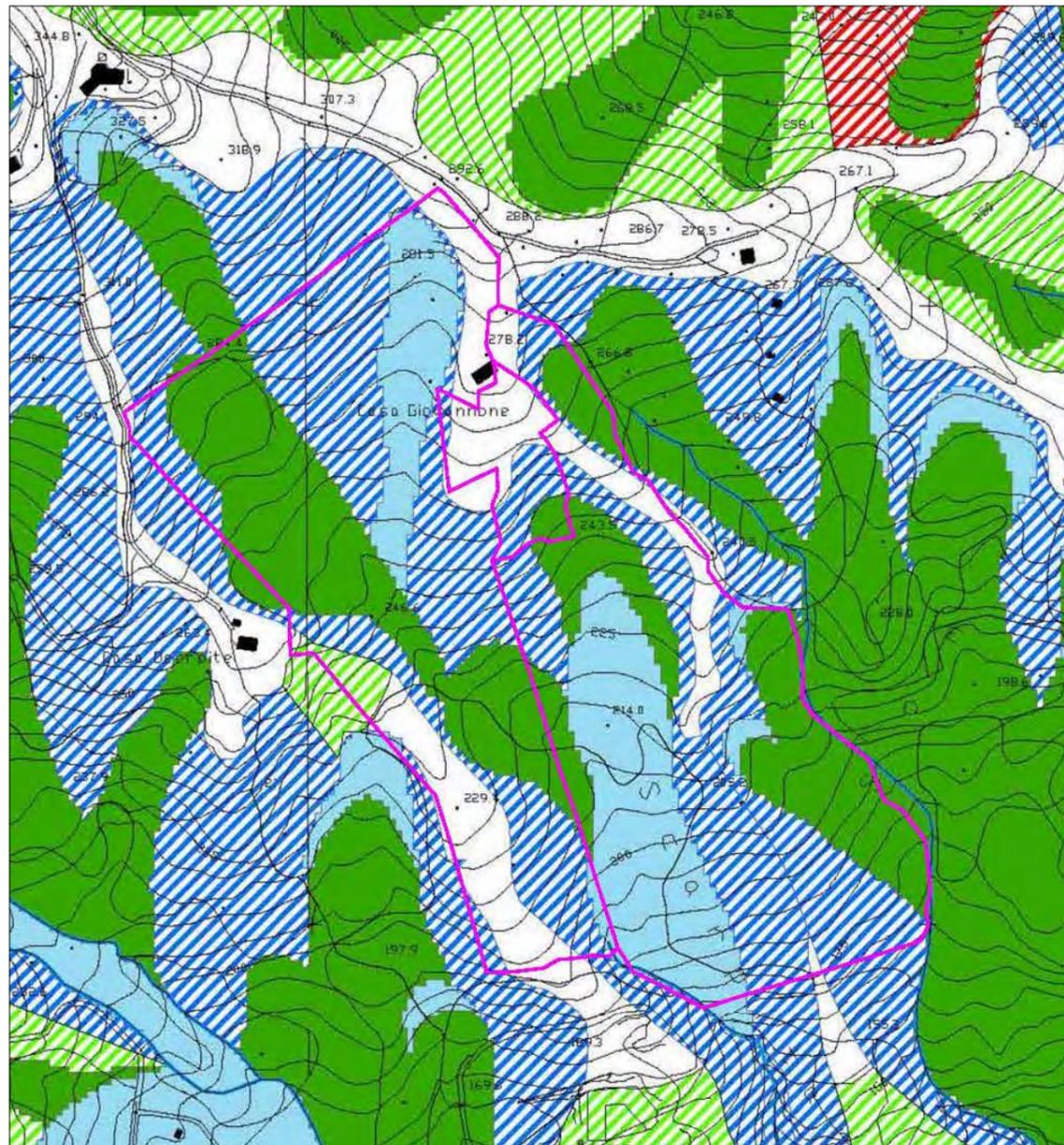
**LEGENDA**



Area d'intervento



**PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO  
(A.d.B. ex-Campania Sud)**



**Carta del Rischio da Frana**

**LEGENDA**

**Pericolosità da Frana**

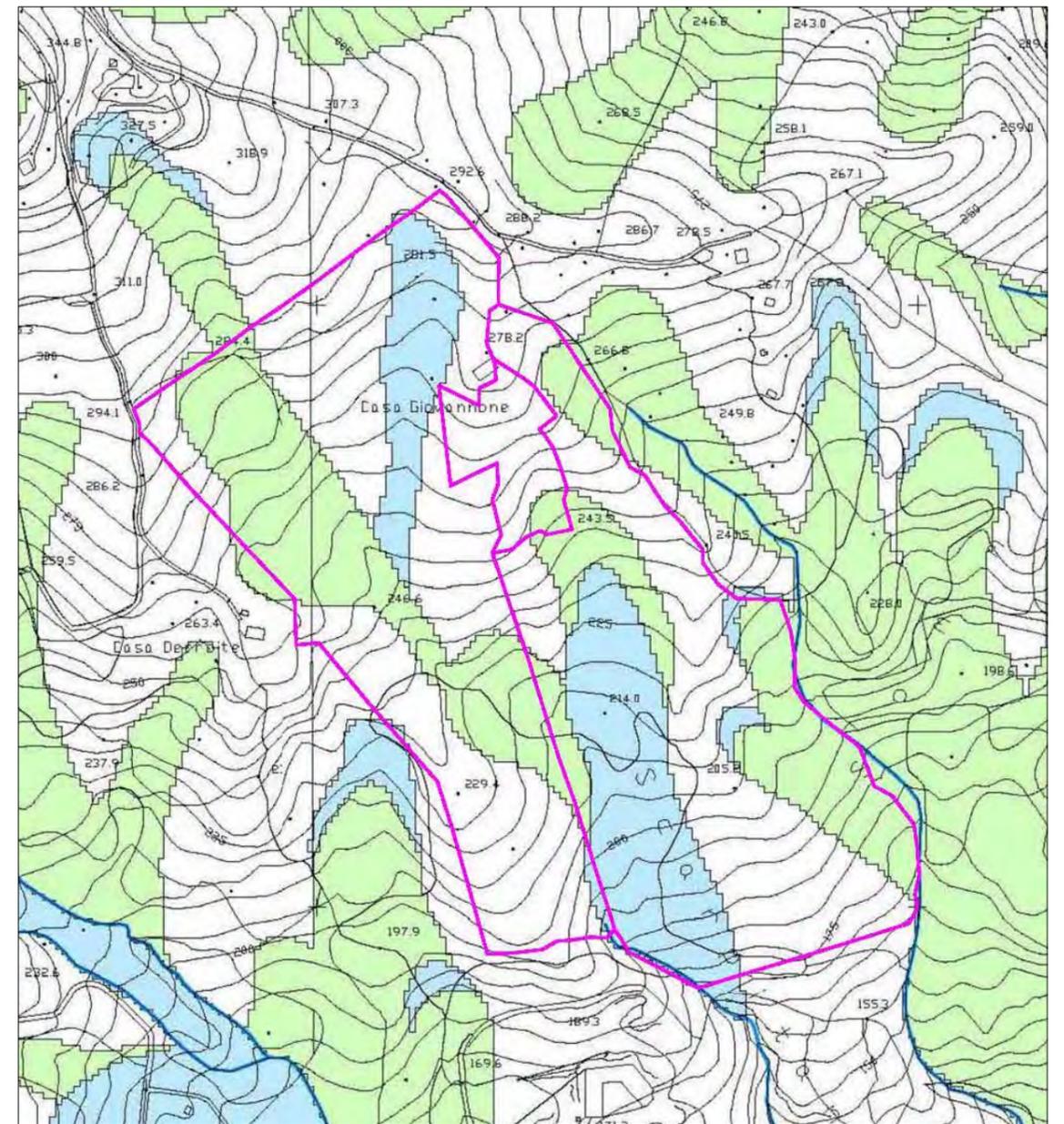
**Classe**

- P1 - Moderata
- P2 - Media
- P3 - Elevata
- P4 - Molto Elevata

**Pericolosità d'Ambito**

**Classe di Pericolosità d'Ambito**

- Pa1 - Modetata
- Pa2 - Media
- Pa3 - Elevata
- Pa4 - Molto Elevata



**Carta del Rischio da Frana**

**LEGENDA**

**RISCHIO DA FRANA**

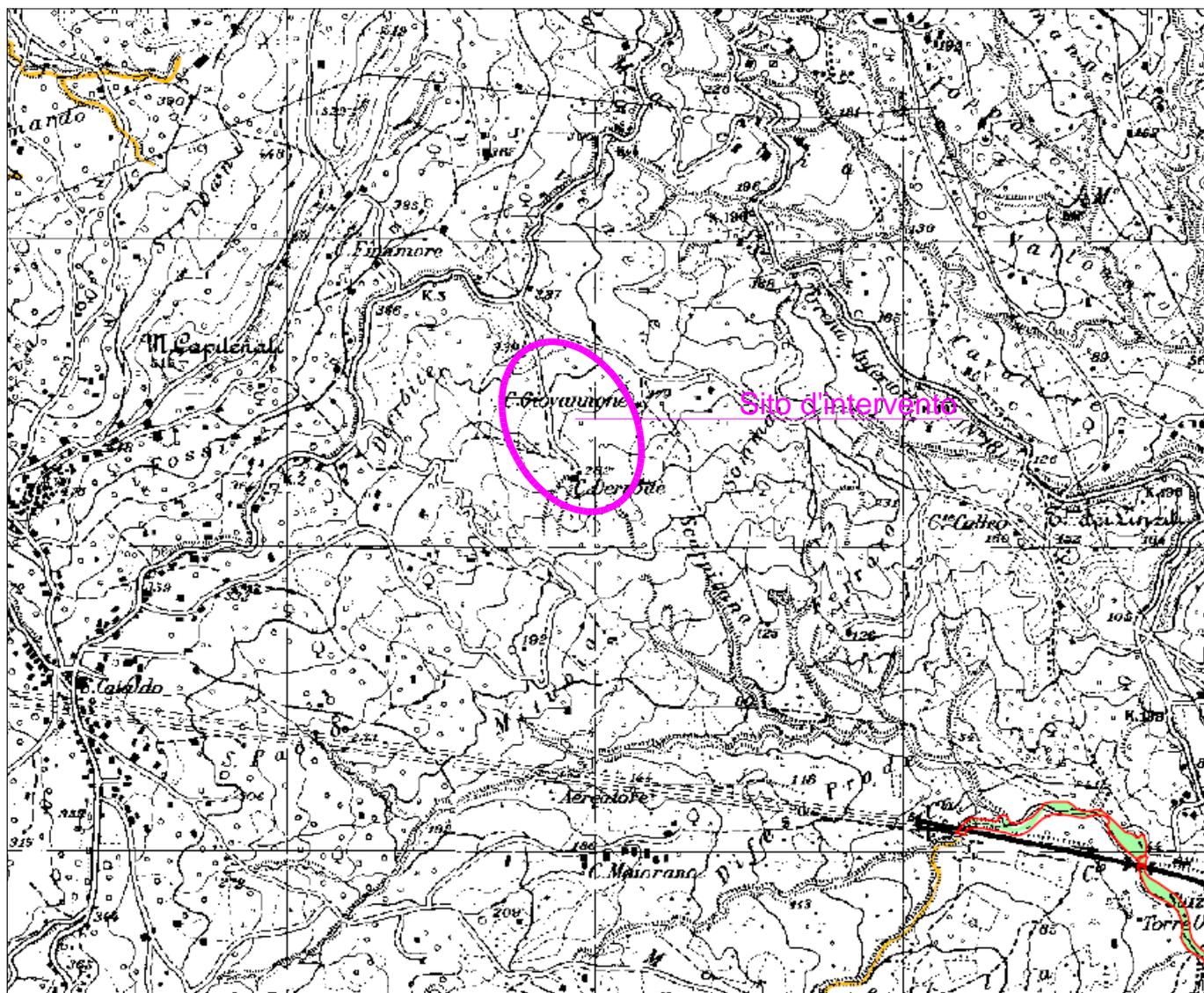
**Classe**

- R1 - Moderato
- R2 - Medio
- R3 - Elevato
- R4 - Molto Elevato



Area d'intervento (limiti catastali)

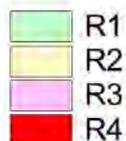
**PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO  
(A.d.B. ex-Campania Sud)**



**Carta del Rischio Idraulico – scala 1:25.000**

**LEGENDA**

**CLASSI DI RISCHIO**

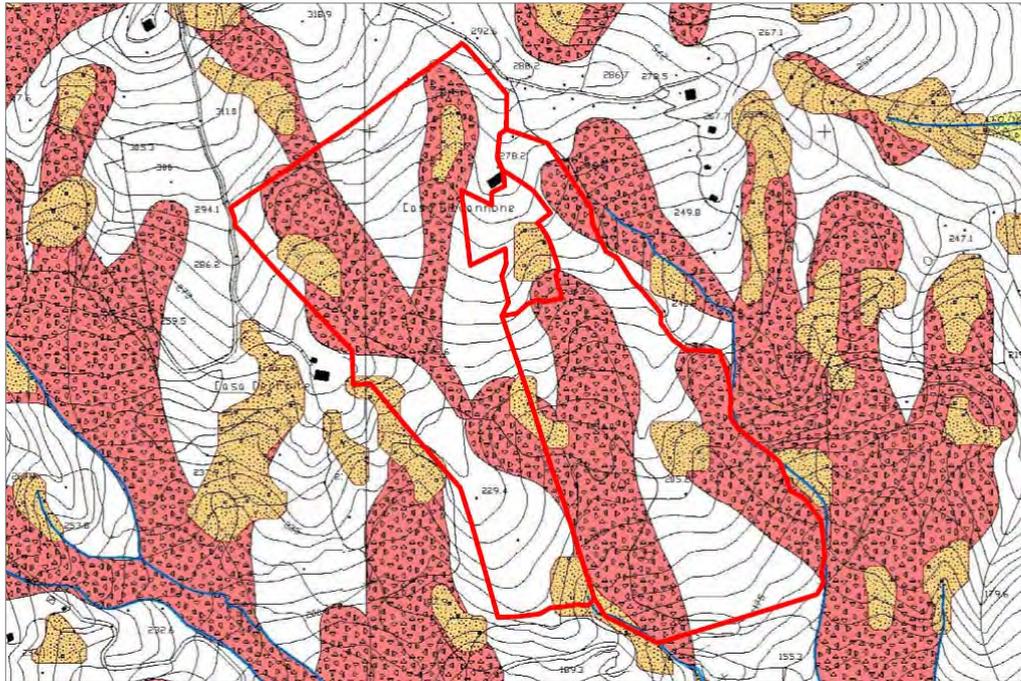


 Perimetro delle aree di aggiornamento

 Alveo fluviale

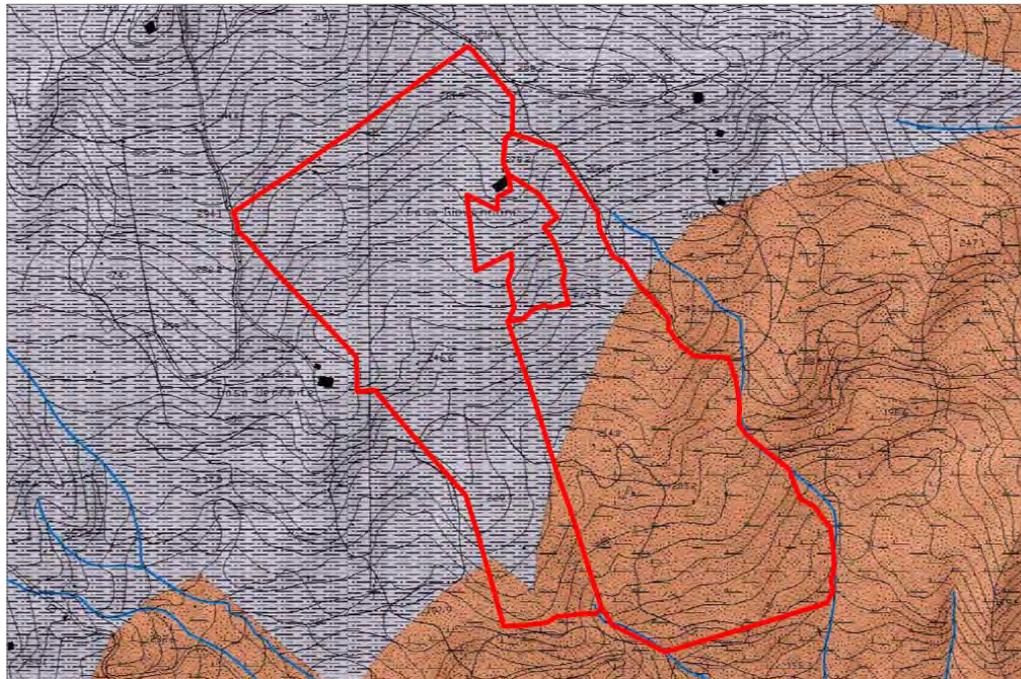
**CARTA GEOLOGICA DEL SUBSTRATO E DELLE COPERTURE – scala 1:5.000**  
(da PSAI vigente A.d.B. ex-Campania Sud)

Carta delle Coperture sciolte

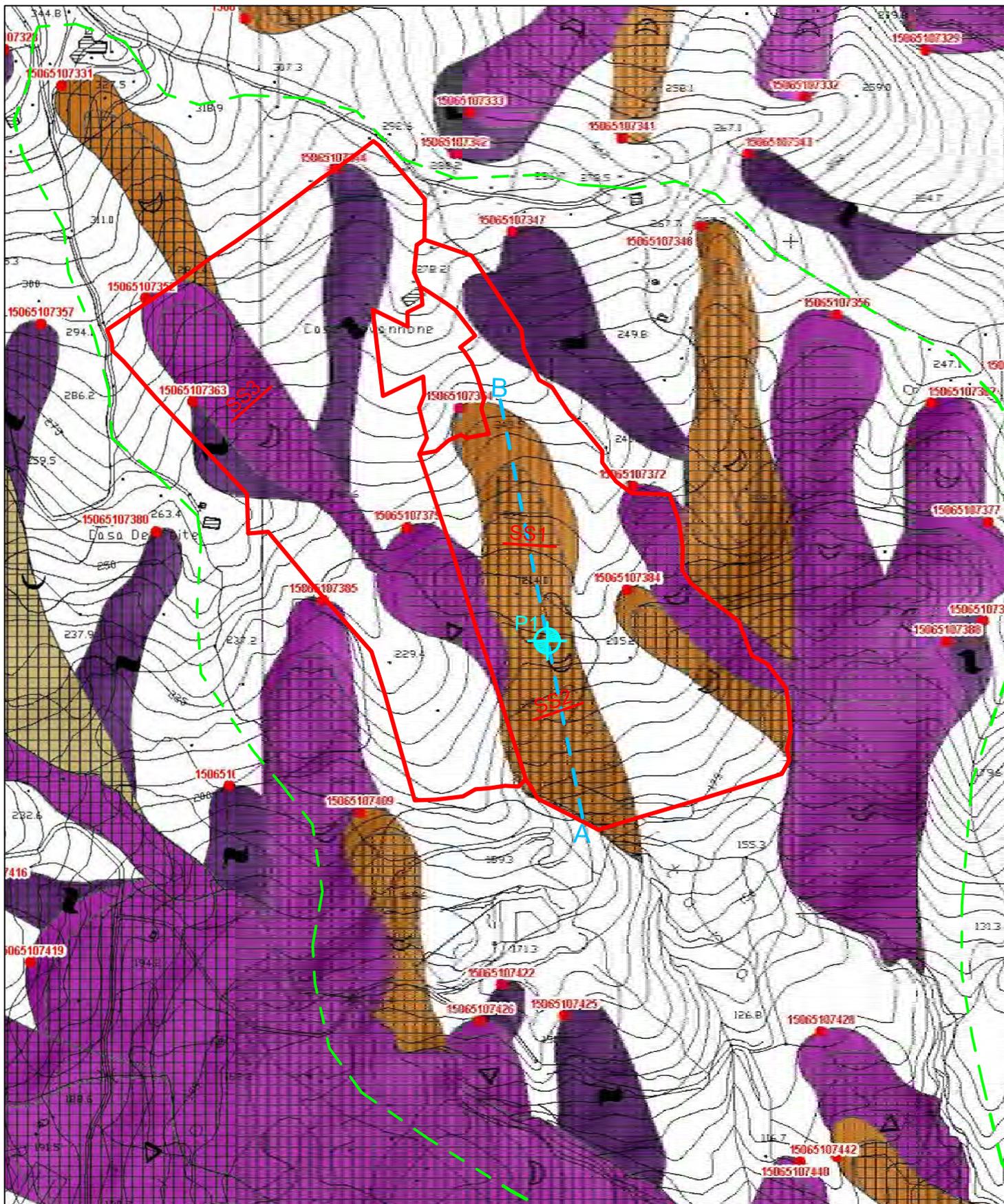


-  Accumuli di versante con scheletro ghiaioso eterometrico con matrice limo-argillosa
-  Accumuli caotici con blocchi eterometrici spigolosi in matrice limo-argillosa rimaneggiata

Carta Geolitologica del Substrato



Formazione di Roccagloriosa	<b>Membro</b>	RCG	Calcareniti		C	Successione di strati e calcarei. Fratturazione da elevata a intensa
	di M. Capitenali	RCG <sub>1</sub>	Argilliti argille marnose marni calcaree calcareniti		ACBK_B3	Alternanze di argille, calcilutiti e marni in giaciture da contorta a caotica
Formazione del Torrente Trenico	<b>Membro/Litofacies</b>	TNC	Calcilutiti marnose marni arenacee argilliti		MA_B2	Alternanze di marni-calcaree, marni arenacee e argilliti. Deformazione media.
	calcilutitico marnoso	TNC <sub>1</sub>	Calcilutiti marnose calcareniti marni		MA_B2	Alternanze di marni-calcaree, marni arenacee e argilliti. Deformazione media.
	litofacies marnoso argilloso	TNC <sub>a</sub>	Marni argilliti		MA_B2	Alternanze di marni-calcaree, marni arenacee e argilliti. Deformazione media.



CARTA INVENTARIO FRANE CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI IN SITO

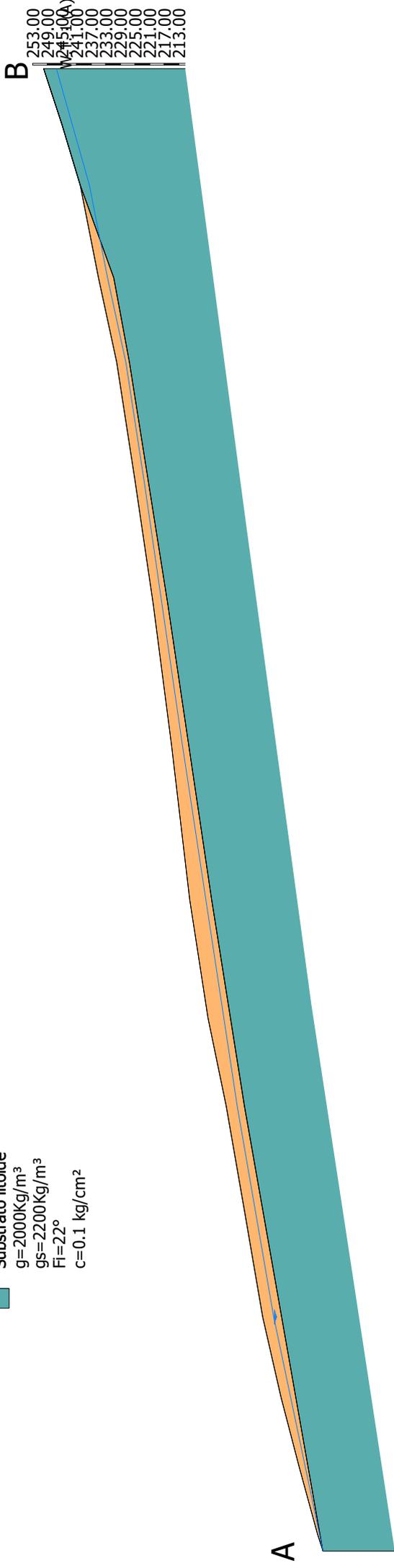
- scala 1:5.000 -

LEGENDA

- |   |                                   |  |                               |
|---|-----------------------------------|--|-------------------------------|
|  | Area d'intervento                 |  | Prova penetrometrica          |
|  | Ambito morfologico di riferimento |  | Indagine sismica a rifrazione |
|  | Traccia di sezione geologica      |  |                               |

# SEZIONE GEOLOGICA - scala 1:1.500

- Accumulo detritico  
g=1900Kg/m<sup>3</sup>  
gs=2100Kg/m<sup>3</sup>  
Fi=20°  
c=0.02 kg/cm<sup>2</sup>
- Substrato litoide  
g=2000Kg/m<sup>3</sup>  
gs=2200Kg/m<sup>3</sup>  
Fi=22°  
c=0.1 kg/cm<sup>2</sup>



# APPENDICE 1

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE

## Prospezione sismica a rifrazione

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda  $\lambda$ , comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde  $\lambda$ , equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\theta_r$ . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per  $v_1 > v_2$  si ha che  $\theta_i > \theta_r$  e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per  $v_1 < v_2$  si ha che  $\theta_i < \theta_r$  ed esiste un angolo limite di incidenza per cui  $\theta_r = 90^\circ$  ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo  $T$  dato dalla relazione

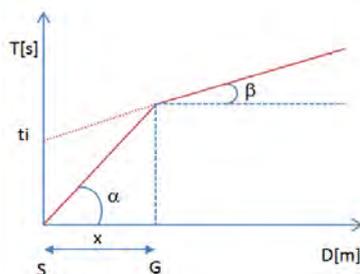
$$T = x_i / V_1$$

dove  $x_i$  è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità  $V_1$  del primo mezzo come

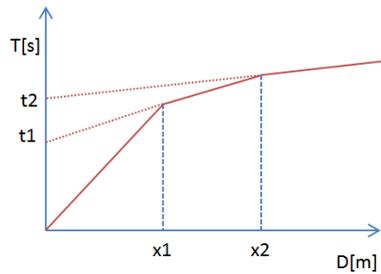
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo  $t_i$  che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

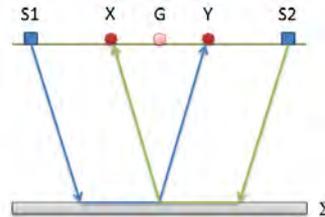


Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left( t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

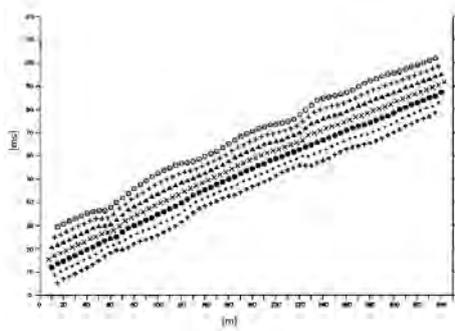
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



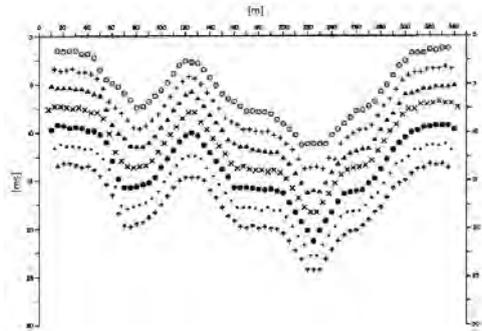
dove  $T_{S1Y}$  e  $T_{S2X}$  sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre  $T_{S1S2}$  è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento.  $T_V$  è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione  $T_V$  viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S1Y} + T_{S2X} - \left( T_{S1S2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove  $V_n$  è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

## Indagine sismica a rifrazione – SS1

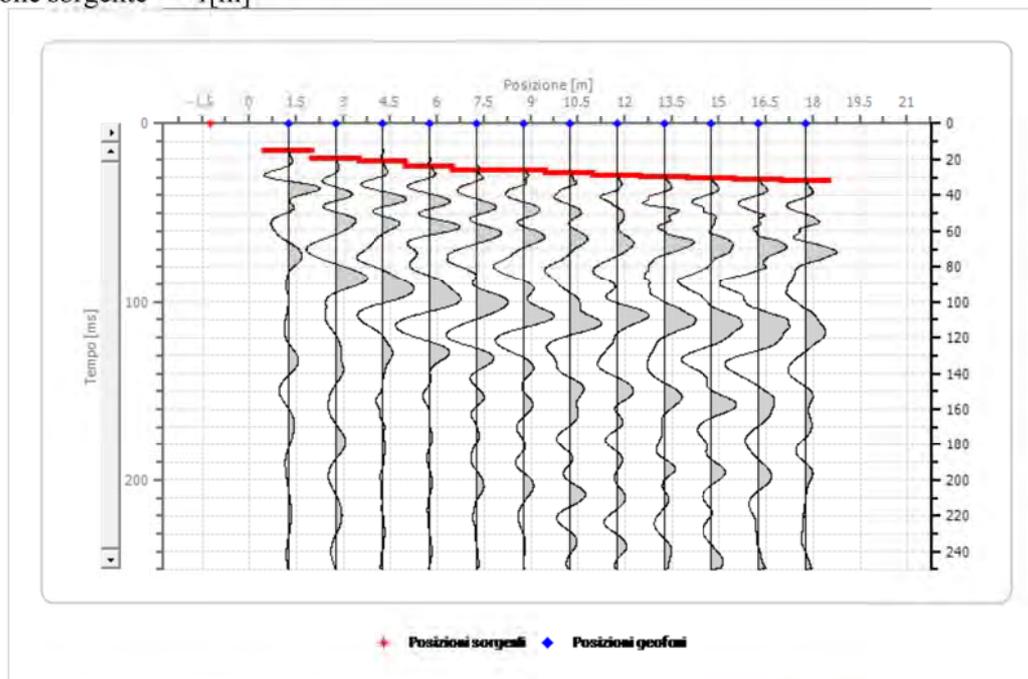
### Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.3	0.0
2	2.8	0.0
3	4.3	0.0
4	5.8	0.0
5	7.3	0.0
6	8.8	0.0
7	10.3	0.0
8	11.8	0.0
9	13.3	0.0
10	14.8	0.0
11	16.3	0.0
12	17.8	0.0

### Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente -1[m]

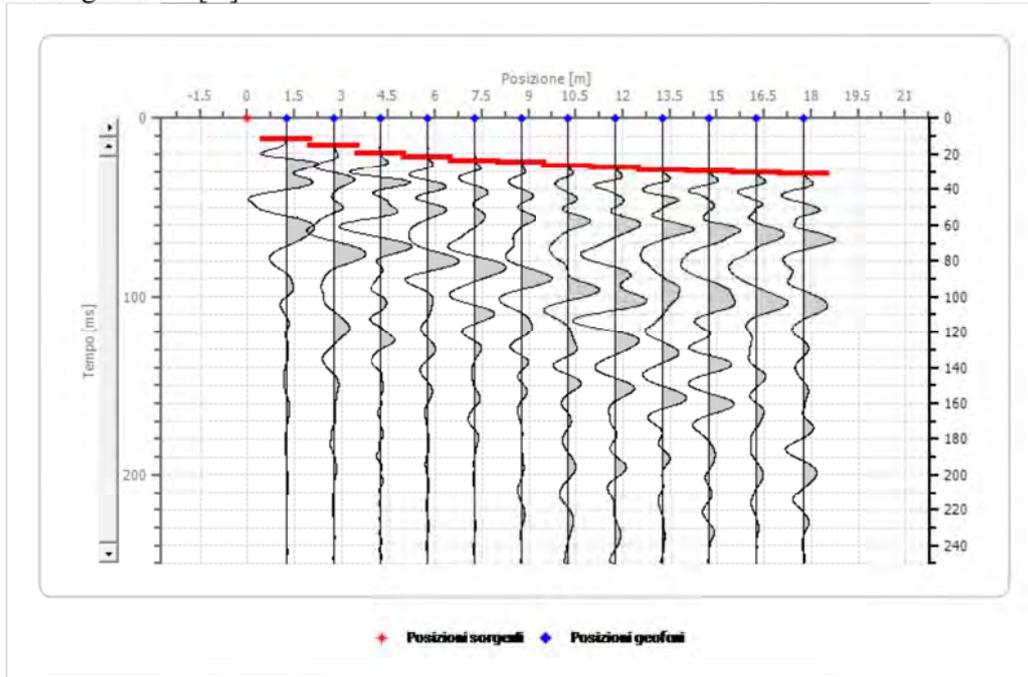


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
1.3	15.3061
2.8	19.6793
4.3	21.1370
5.8	24.0525
7.3	26.2391
8.8	26.2391
10.3	143.08.00
11.8	29.1545

	13.3	29.8834
	14.8	30.6122
	16.3	31.3411
	17.8	43.4000

Battuta 2

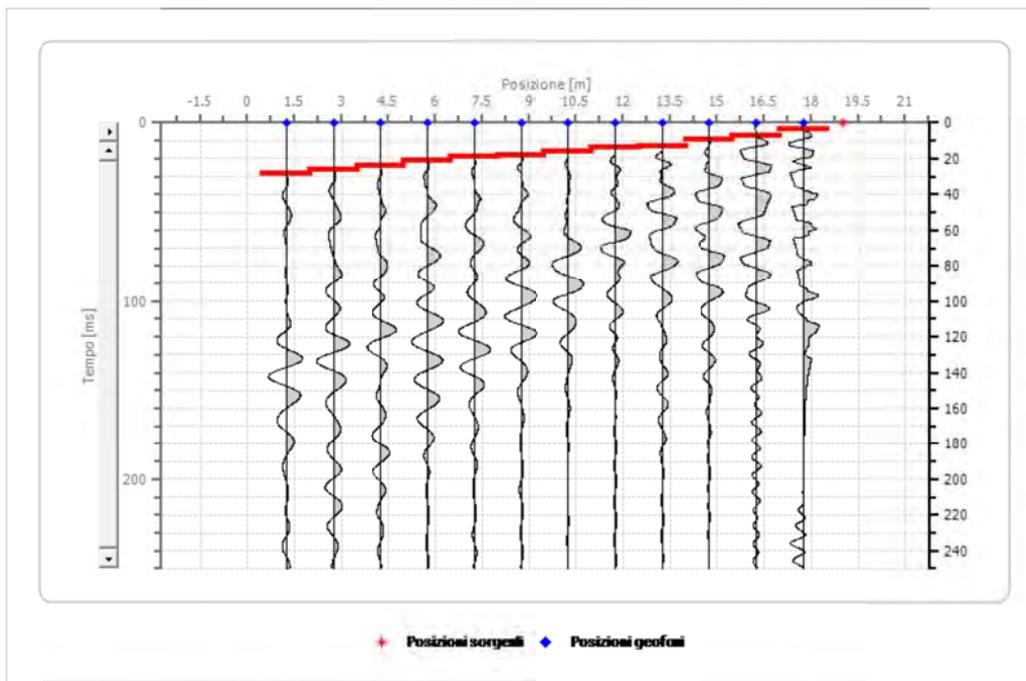
Posizione sorgente 0[m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
1.3	11.6618
2.8	15.3061
4.3	19.6793
5.8	21.8659
7.3	24.0525
8.8	24.7813
10.3	26.9679
11.8	27.6968
13.3	29.1545
14.8	29.8834
16.3	30.6122
17.8	31.3411

Battuta 3

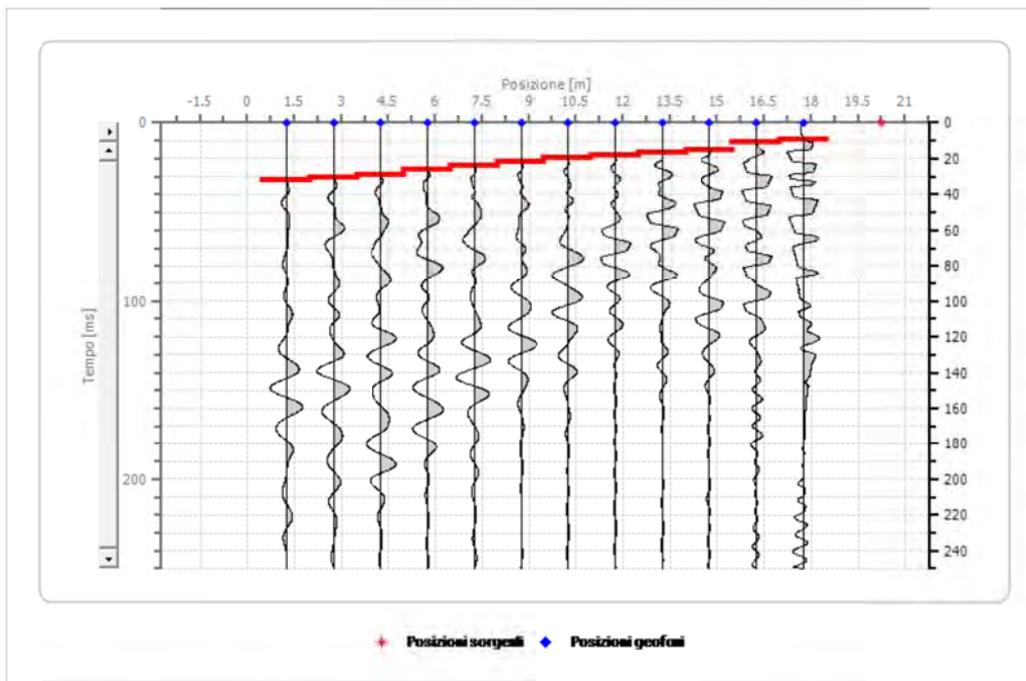
Posizione sorgente 19[m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
1.3	28.4257
2.8	26.2391
4.3	24.0525
5.8	21.1370
7.3	18.9504
8.8	18.2216
10.3	16.0350
11.8	13.8484
13.3	13.1195
14.8	9.4752
16.3	7.2886
17.8	3.6443

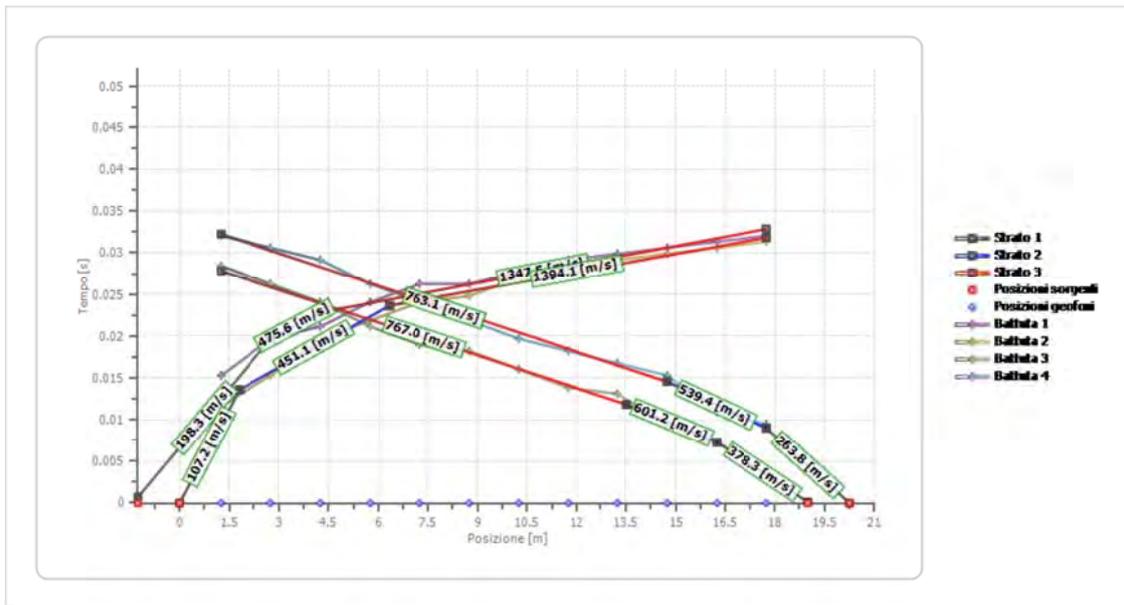
Battuta 4

Posizione sorgente 20[m]

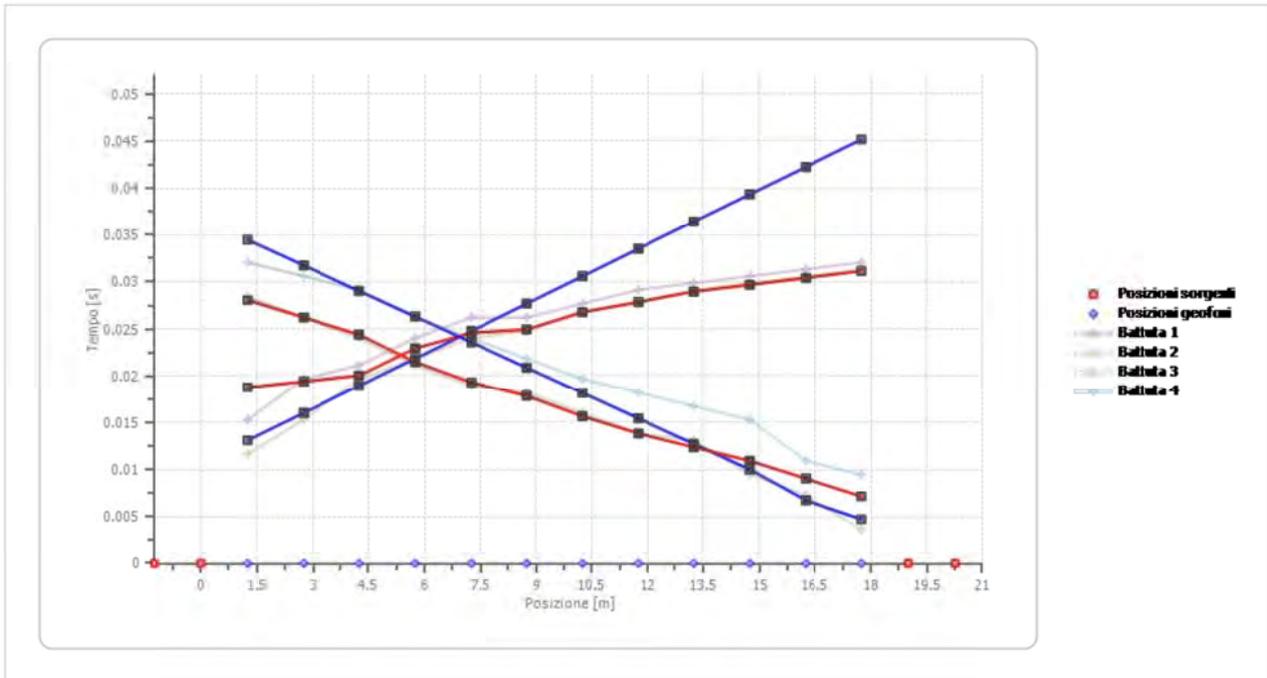


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
1.3	32.0700
2.8	30.6122
4.3	29.1545
5.8	26.2391
7.3	24.0525
8.8	21.8659
10.3	19.6793
11.8	18.2216
13.3	16.7638
14.8	15.3061
16.3	10.9329
17.8	9.4752

### Dromocrone



**Dromocrone traslate**



**Interpretazione col metodo G.,R.M.**

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3	
G= 1.3 [m]		0.8	3.7	--
G= 2.8 [m]		0.8	3.3	--
G= 4.3 [m]		0.8	2.9	--
G= 5.8 [m]		0.9	2.8	--
G= 7.3 [m]		0.9	2.6	--
G= 8.8 [m]		0.9	2.2	--
G= 10.3 [m]		0.9	2.1	--

G= 11.8 [m]	1.0	1.8	--
G= 13.3 [m]	1.0	1.6	--
G= 14.8 [m]	1.0	1.4	--
G= 16.3 [m]	1.0	1.1	--
G= 17.8 [m]	1.1	1.1	--
Velocità [m/sec]	236.9	531.5	966.6
Descrizione			

### Altri parametri geotecnici

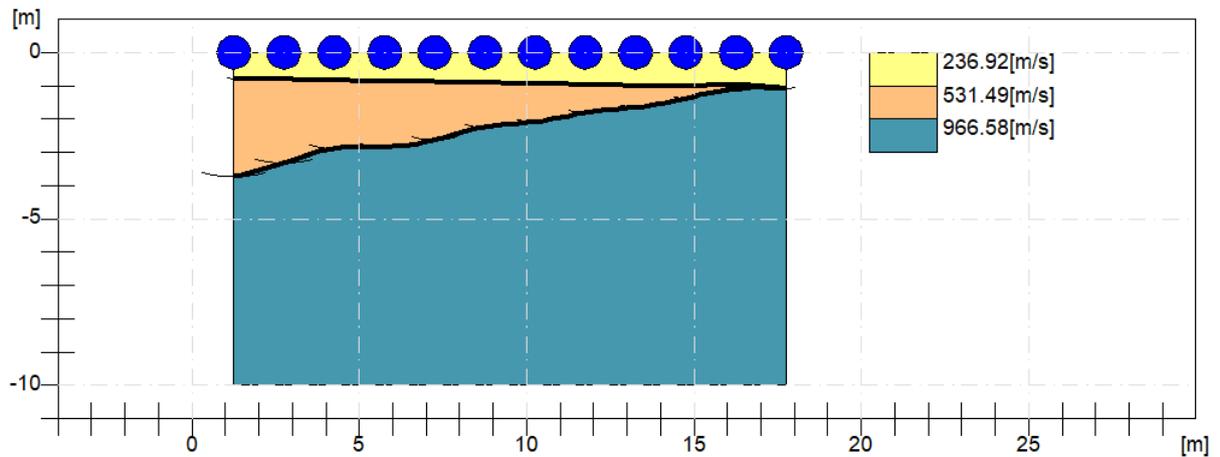
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.38	0.35	0.30
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1750.00	1850.00	2000.00
Vp [m/s]	236.92	531.49	966.58
Vs [m/s]	104.23	255.32	516.66
G0 [MPa]	19.01	120.60	533.87
Ed [Mpa]	98.23	522.59	1868.55
M0 [MPa]	79.22	401.99	1334.68
Ey [Mpa]	52.47	325.61	1388.06

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



## Indagine sismica a rifrazione – SS2

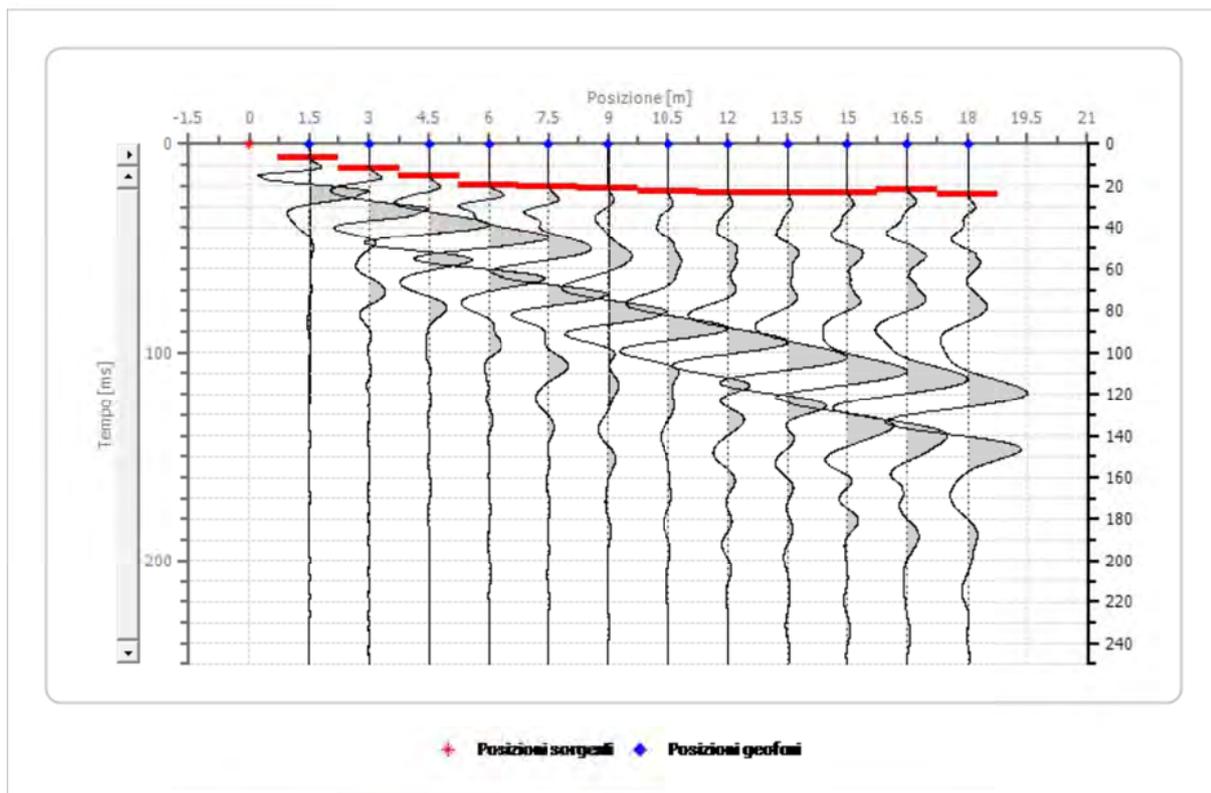
### Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0

### Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente 0[m]

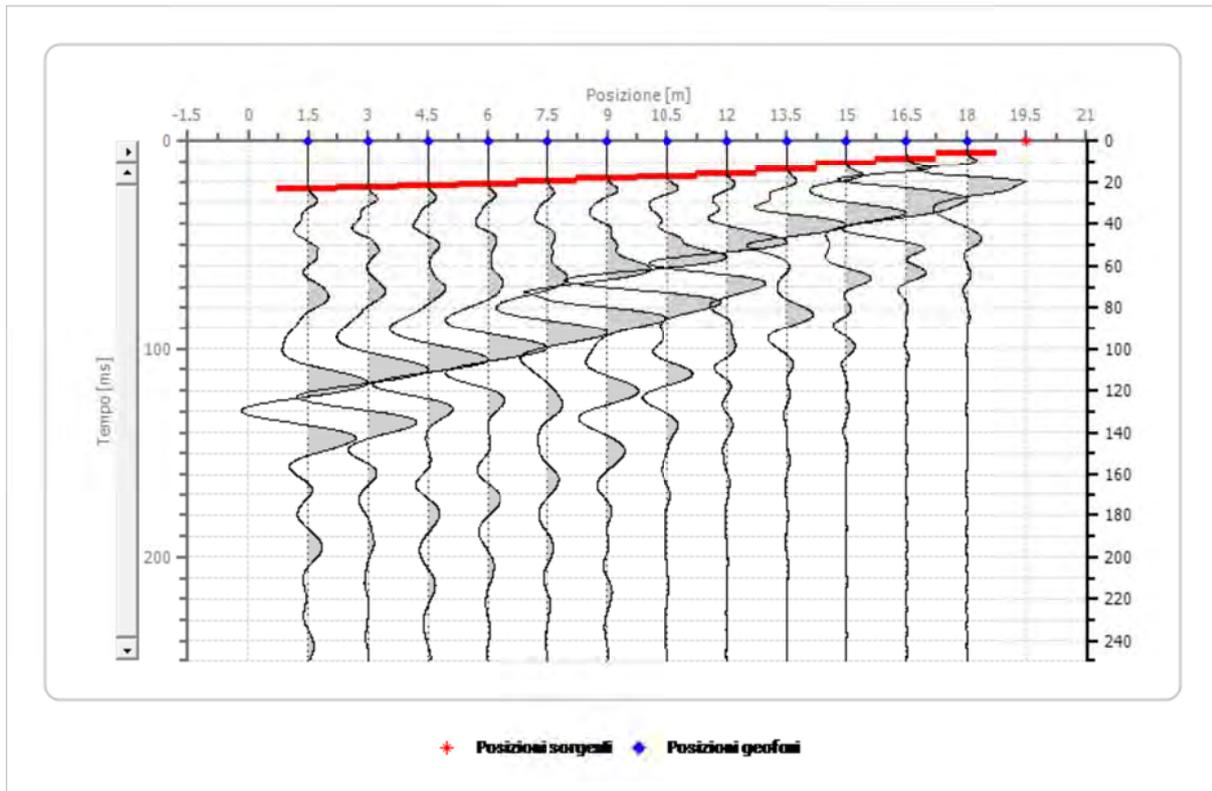


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
1.5	6.7200
3.0	11.5200
4.5	15.5500

	6.0	19.6800
	7.5	20.1600
	9.0	21.1200
	10.5	22.5600
	12.0	23.0400
	13.5	23.5200
	15.0	23.0400
	16.5	22.0800
	18.0	24.0000

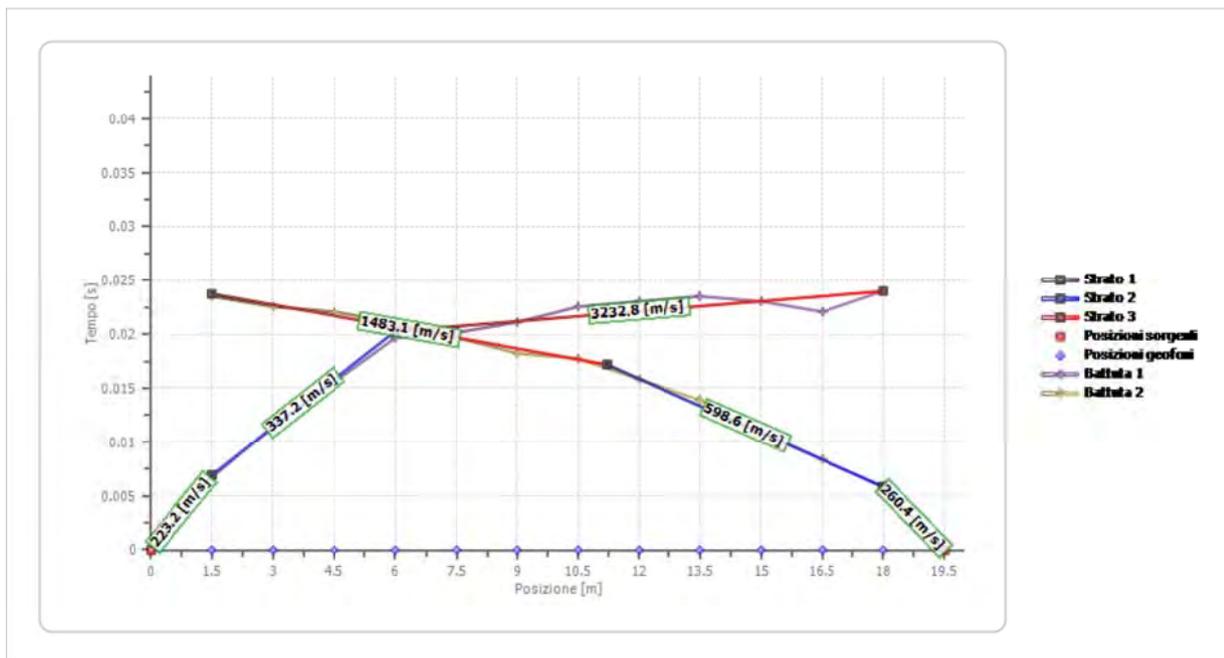
Battuta 2

Posizione sorgente 20[m]

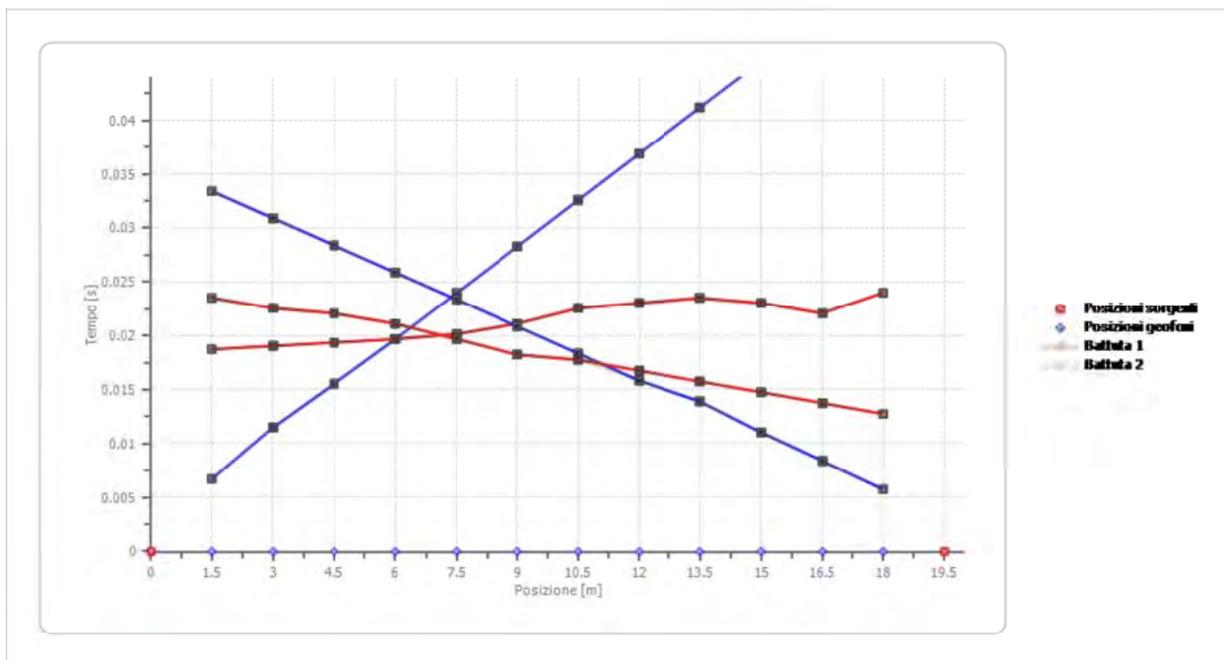


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
1.5	23.5200
3.0	22.5600
4.5	22.0800
6.0	21.1200
7.5	19.6800
9.0	18.2400
10.5	17.7600
12.0	15.8400
13.5	13.9200
15.0	11.0400
16.5	8.4000
18.0	5.7600

**Dromocrone**



### Dromocrone traslate



### Interpretazione col metodo reciproco

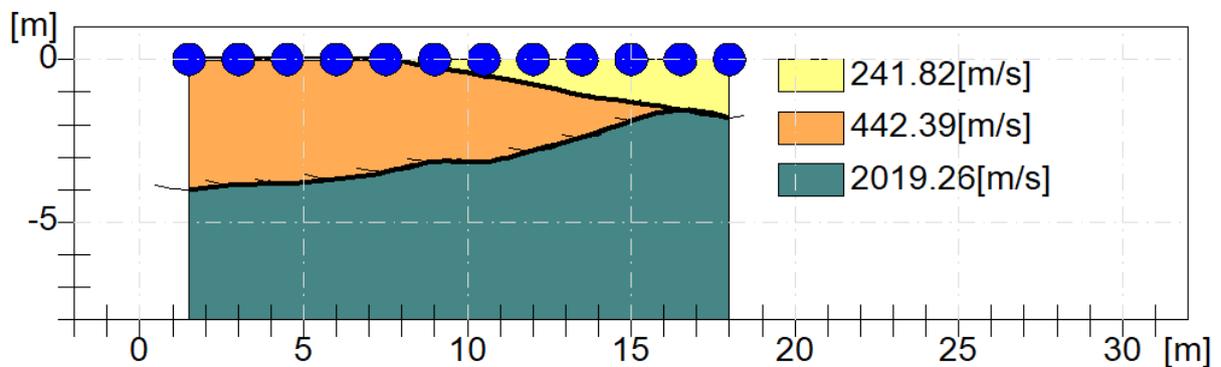
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 1.5 [m]	0.0	4.0	--
G= 3.0 [m]	0.0	3.9	--
G= 4.5 [m]	0.0	3.8	--
G= 6.0 [m]	0.0	3.7	--
G= 7.5 [m]	0.0	3.5	--
G= 9.0 [m]	0.2	3.1	--
G= 10.5 [m]	0.5	3.1	--

G= 12.0 [m]	0.7	2.8	--
G= 13.5 [m]	1.1	2.4	--
G= 15.0 [m]	1.3	1.9	--
G= 16.5 [m]	1.5	1.5	--
G= 18.0 [m]	1.8	1.8	--
Velocità [m/sec]	241.8	442.4	2019.3
Descrizione			

### Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.42	0.37	0.32
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1700.00	1850.00	1950.00
Vp [m/s]	241.82	442.39	2019.26
Vs [m/s]	89.81	200.96	1038.90
G0 [MPa]	13.71	74.71	2104.66
Ed [Mpa]	99.41	362.06	7950.93
M0 [MPa]	85.70	287.35	5846.28
Ey [Mpa]	38.94	204.71	5556.30

G0: Modulo di deformazione al taglio;  
Ed: Modulo edometrico;  
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
Ey: Modulo di Young;



## Indagine sismica a rifrazione – SS3

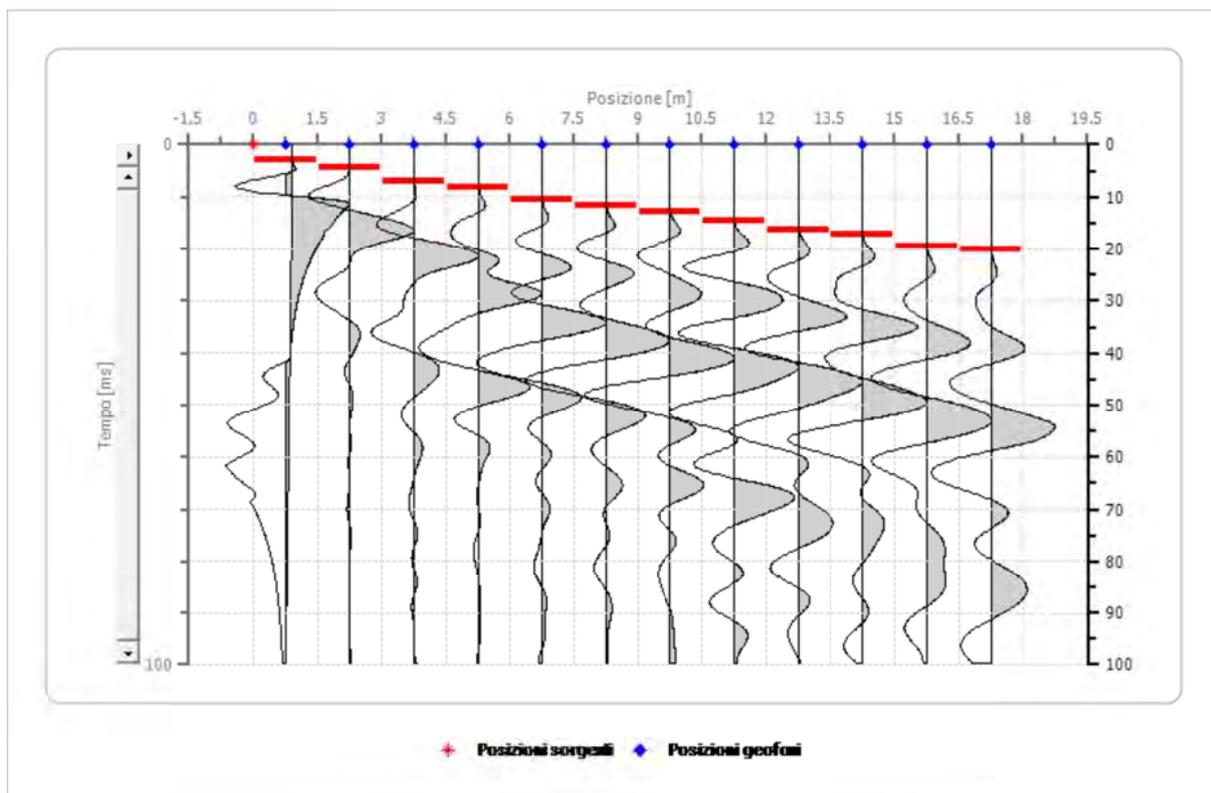
### Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.8	0.0
2	2.3	0.0
3	3.8	0.0
4	5.3	0.0
5	6.8	0.0
6	8.3	0.0
7	9.8	0.0
8	11.3	0.0
9	12.8	0.0
10	14.3	0.0
11	15.8	0.0
12	17.3	0.0

### Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente 0[m]

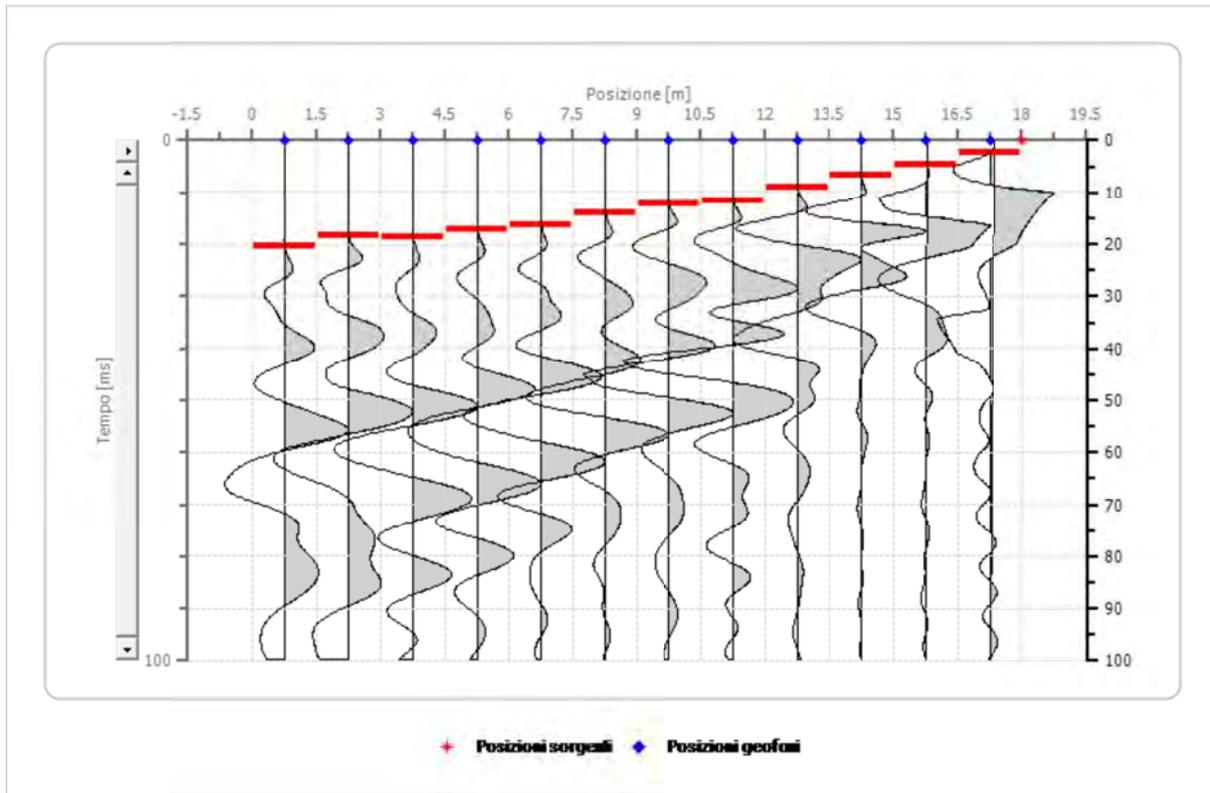


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.8	2.8800
2.3	4.4800
3.8	7.0400
5.3	8.1600

	6.8	10.5600
	8.3	11.6800
	9.8	12.8000
	11.3	14.7200
	12.8	16.3200
	14.3	17.1200
	15.8	19.5200
	17.3	20.1600

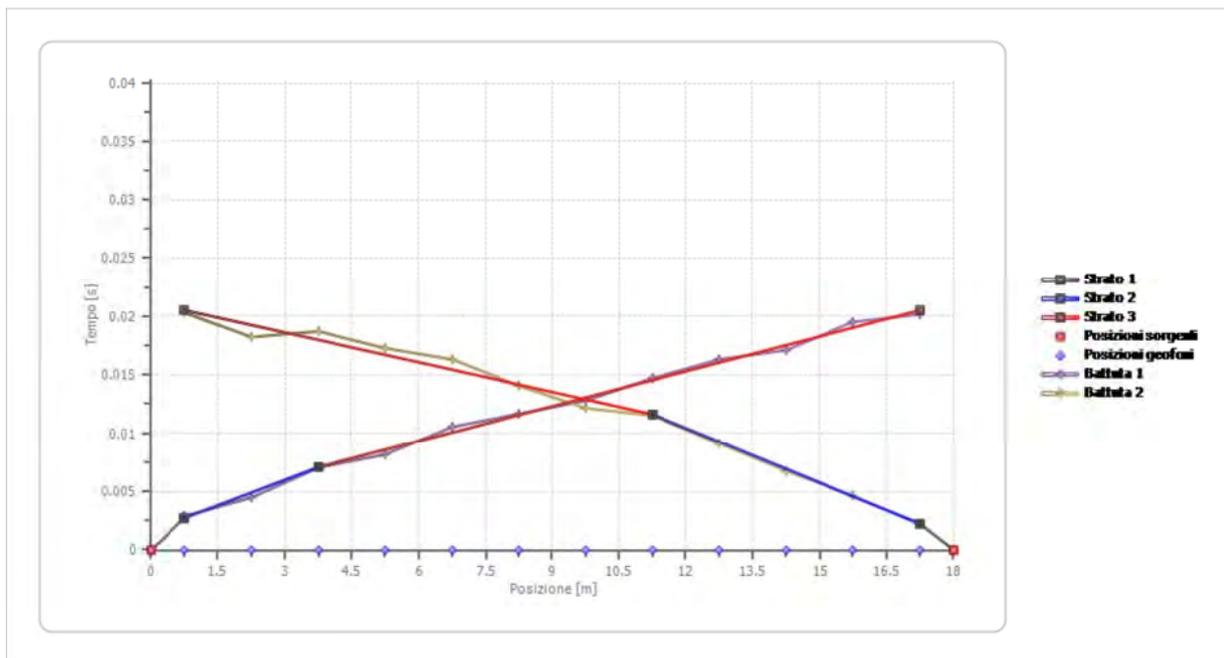
Battuta 2

Posizione sorgente 18[m]

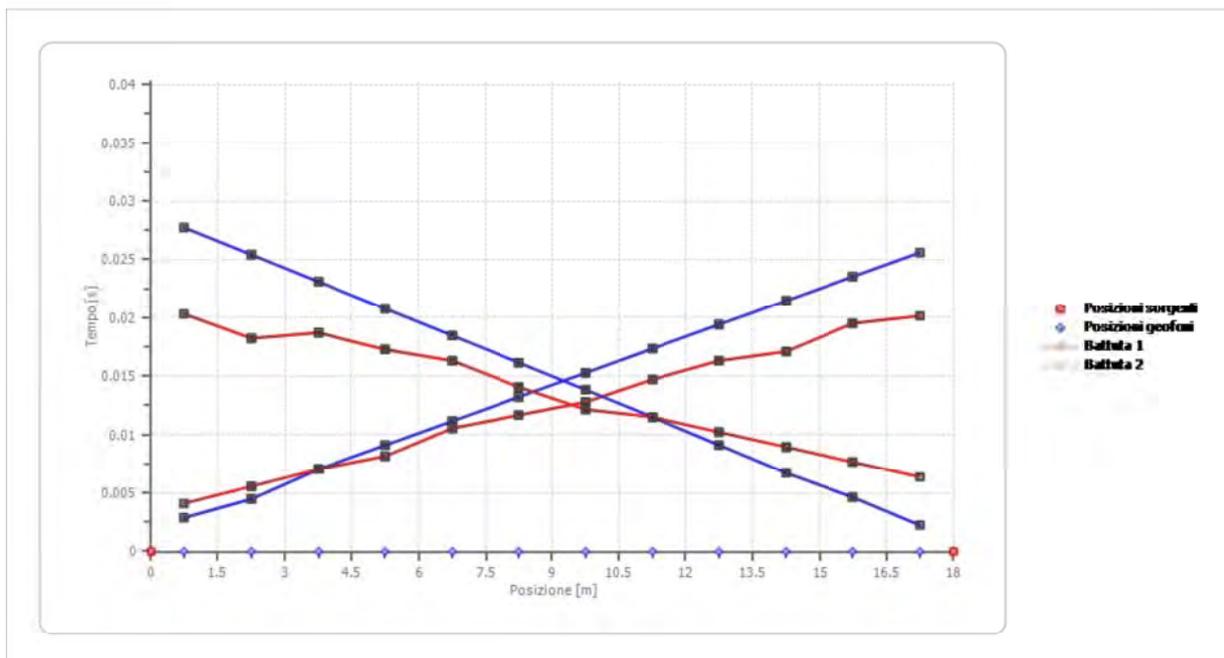


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.8	20.3200
2.3	18.2400
3.8	18.7200
5.3	17.2800
6.8	16.3200
8.3	14.0800
9.8	12.1600
11.3	11.5200
12.8	9.1200
14.3	6.7200
15.8	4.6400
17.3	2.2400

**Dromocrone**



### Dromocrone traslate



### Interpretazione col metodo reciproco

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.8 [m]	0.5	0.5	0.8
G= 2.3 [m]	0.4	0.5	0.5
G= 3.8 [m]	0.4	1.2	2.5
G= 5.3 [m]	0.4	1.2	3.1
G= 6.8 [m]	0.3	1.9	3.8
G= 8.3 [m]	0.3	1.5	3.0
G= 9.8 [m]	0.2	1.2	2.5

G= 11.3 [m]	0.2	1.8	2.8
G= 12.8 [m]	0.1	2.1	3.9
G= 14.3 [m]	0.1	2.0	4.2
G= 15.8 [m]	0.1	2.5	5.6
G= 17.3 [m]	0.0	2.3	5.2
Velocità [m/sec]	297.6	681.6	1078.1
Descrizione			

### Altri parametri geotecnici

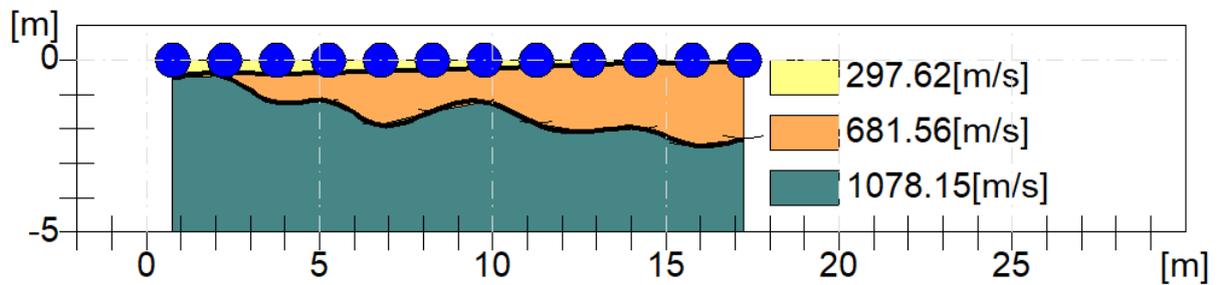
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.43	0.37	0.33
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1600.00	1750.00	1950.00
Vp [m/s]	297.62	681.56	1078.15
Vs [m/s]	104.30	309.60	543.08
G0 [MPa]	17.40	167.74	575.13
Ed [Mpa]	141.72	812.92	2266.69
M0 [MPa]	124.32	645.17	1691.56
Ey [Mpa]	49.78	459.62	1529.85

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



## APPENDICE 2

PROVA PENTROMETRICA DINAMICA

---

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: sig. Paesano Giovanni Cantiere: Comune di Roccagloriosa Località: Loc. Santa Venere	
--	--

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL030 10) (Medium)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0.20 m
Peso sistema di battuta	21 Kg
Diametro punta conica	35.68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2.9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

---

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**  
**(DYNAMIC PROBING)**  
**DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

<b>Tipo</b>	<b>Sigla di riferimento</b>	<b>peso della massa M (kg)</b>	<b>prof. max indagine battente (m)</b>
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

---

## penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 30$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H=0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha= 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

## Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
$\delta$	passo di avanzamento.

---

## Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo ( $\delta/N$ ).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

## Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$  è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \quad \text{con} \quad CN = \sqrt{\frac{Pa}{\sigma_{vo}}} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
$C_S$	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
$C_d$	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
$C_r$	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

## Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

---

## Valutazioni statistiche e correlazioni

### Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

#### *Media*

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### *Media minima*

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### *Massimo*

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### *Minimo*

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### *Scarto quadratico medio*

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### *Media deviata*

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### *Media (+ s)*

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### *Media (- s)*

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### *Distribuzione normale R.C.*

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

#### *Distribuzione normale R.N.C.*

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

### Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza

---

(generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

## Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

### *Liquefazione*

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

### *Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda*

$$N_{spt \text{ corretto}} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

### *Angolo di Attrito*

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof.  $< 5$  m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof.  $< 5$  m per terreni sopra falda e  $< 8$  m per terreni in falda (tensioni  $< 8-10$  t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof.  $< 4$  m. sopra falda e  $< 7$  m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito  $< 38^\circ$  .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof.  $> 2$  m e per valori di angolo di attrito  $< 38^\circ$  ).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova  $> 8$  m sopra falda e  $> 15$  m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.

- 
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.
  - Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
  - Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### ***Densità relativa (%)***

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### ***Modulo Di Young ( $E_y$ )***

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### ***Modulo Edometrico***

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### ***Peso di volume saturo***

- 
- Terzaghi-Peck (1948-1967)

### ***Modulo di poisson***

- Classificazione A.G.I.

### ***Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)***

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

### ***Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)***

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

### ***Modulo di deformazione di taglio (G)***

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

### ***Modulo di reazione ( $K_0$ )***

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

## **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

### ***Coesione non drenata***

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.

- 
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
  - Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
  - Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
  - Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
  - Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
  - Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
  - Begemann.
  - De Beer.

#### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

#### ***Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )***

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli ( $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).

#### ***Modulo Di Young ( $E_Y$ )***

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$ .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977.

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

#### ***Peso di volume saturo***

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 16/11/2021  
 Profondità prova 4.30 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	2	0.855	5.71	6.68	0.29	0.33
0.30	4	0.853	11.39	13.36	0.57	0.67
0.40	4	0.851	11.36	13.36	0.57	0.67
0.50	3	0.849	8.50	10.02	0.43	0.50
0.60	6	0.847	16.97	20.04	0.85	1.00
0.70	8	0.845	22.58	26.72	1.13	1.34
0.80	8	0.843	22.53	26.72	1.13	1.34
0.90	6	0.842	16.00	19.01	0.80	0.95
1.00	9	0.840	23.95	28.52	1.20	1.43
1.10	12	0.838	31.87	38.03	1.59	1.90
1.20	10	0.836	26.50	31.69	1.33	1.58
1.30	10	0.835	26.45	31.69	1.32	1.58
1.40	11	0.833	29.03	34.86	1.45	1.74
1.50	18	0.781	44.56	57.04	2.23	2.85
1.60	20	0.780	49.41	63.38	2.47	3.17
1.70	17	0.778	41.91	53.87	2.10	2.69
1.80	15	0.776	36.90	47.54	1.85	2.38
1.90	14	0.775	32.70	42.21	1.64	2.11
2.00	15	0.773	34.97	45.23	1.75	2.26
2.10	14	0.772	32.57	42.21	1.63	2.11
2.20	13	0.770	30.19	39.20	1.51	1.96
2.30	12	0.819	29.62	36.18	1.48	1.81
2.40	14	0.767	32.38	42.21	1.62	2.11
2.50	13	0.766	30.01	39.20	1.50	1.96
2.60	13	0.764	29.96	39.20	1.50	1.96
2.70	15	0.763	34.50	45.23	1.72	2.26
2.80	16	0.761	36.73	48.24	1.84	2.41
2.90	14	0.760	30.60	40.26	1.53	2.01
3.00	13	0.759	28.36	37.38	1.42	1.87
3.10	15	0.757	32.66	43.13	1.63	2.16
3.20	18	0.756	39.13	51.76	1.96	2.59
3.30	17	0.755	36.89	48.88	1.84	2.44
3.40	20	0.753	43.33	57.51	2.17	2.88
3.50	21	0.702	42.40	60.38	2.12	3.02
3.60	19	0.751	41.02	54.63	2.05	2.73
3.70	20	0.750	43.11	57.51	2.16	2.88
3.80	22	0.698	44.18	63.26	2.21	3.16

3.90	28	0.697	53.65	76.95	2.68	3.85
4.00	33	0.646	58.59	90.69	2.93	4.53
4.10	41	0.595	67.02	112.67	3.35	5.63
4.20	47	0.594	76.68	129.16	3.83	6.46
4.30	60	0.593	97.70	164.89	4.89	8.24

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1	5.1	16.79	Incoerente	0	1.45	1.87	0.07	0.76	3	Ripporto e/o suolo agrario
3.8	15.39	46.14	Incoerente	0	1.76	1.92	0.39	0.76	11	Accumulo detritico - colluviale
4.3	41.8	114.87	Coesivo	0	2.18	2.4	0.69	0.76	31	Substrato litoide (coltre eluviale)

### Carico limite e cedimenti fondazione Metodo di...Terzaghi Peck (1948)

Larghezza fondazione B	0.90 mt
Immorsamento Fondazione dal p.c.	1.10 mt
Peso di volume medio sino a B sotto p. fondaz.	1.60 t/mc
Prof. Falda dal p.c. H	4.00 mt
Nspt medio (N/30) entro prof. B dal p. fondaz.	16.00 mt
Pressione ammissibile sulla fondazione	1.00 Kg/cm <sup>2</sup>
Quota di riferimento Nspt	0.00 mt
Spessore strato compressibile (max. sino 2B)	0.00 mt

Coefficiente Cd per immorsamento	1.00
Coefficiente Cw per falda	1.00
Resistenza di progetto	1.46 Kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di sottofondazione	1.46 Kg/cm <sup>3</sup>
Cedimento corrispondente	1.41 cm

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

#### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) Substrato litoide (coltre eluviale)	31	3.80-4.30	Terzaghi-Peck	2.09

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
-------------	------	------------------	--------------	--------------------------

Strato (3) Substrato litoide (coltre eluviale)	31	3.80-4.30	Robertson (1983)	62.00
--	----	-----------	------------------	-------

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) Substrato litoide (coltre eluviale)	31	3.80-4.30	Vesic (1970)	---

#### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) Substrato litoide (coltre eluviale)	31	3.80-4.30	Apollonia	310.00

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (3) Substrato litoide (coltre eluviale)	31	3.80-4.30	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) Substrato litoide (coltre eluviale)	31	3.80-4.30	Meyerhof	2.18

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) Substrato litoide (coltre eluviale)	31	3.80-4.30	Meyerhof	2.40

### TERRENI INCOERENT I

#### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Riporto e/o suolo agrario	3	0.00-1.00	3	Meyerhof 1957	41.38
Strato (2) Accumulo detritico-colluviale	11	1.00-3.80	11	Meyerhof 1957	66.67

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Riporto e/o suolo agrario	3	0.00-1.00	3	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION )	21.71
Strato (2) Accumulo detritico-colluviale	11	1.00-3.80	11	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION	27.85

				)	
--	--	--	--	---	--

#### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Riporto e/o suolo agrario	3	0.00-1.00	3	Schmertmann (1978) (Sabbie)	24.00
Strato (2) Accumulo detritico-colluviale	11	1.00-3.80	11	Schmertmann (1978) (Sabbie)	88.00

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Riporto e/o suolo agrario	3	0.00-1.00	3	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	51.38
Strato (2) Accumulo detritico-colluviale	11	1.00-3.80	11	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	87.06

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Riporto e/o suolo agrario	3	0.00-1.00	3	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) Accumulo detritico-colluviale	11	1.00-3.80	11	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Riporto e/o suolo agrario	3	0.00-1.00	3	Meyerhof ed altri	1.45
Strato (2) Accumulo detritico-colluviale	11	1.00-3.80	11	Meyerhof ed altri	1.76

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Riporto e/o suolo agrario	3	0.00-1.00	3	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
Strato (2) Accumulo detritico-colluviale	11	1.00-3.80	11	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.92

#### Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (1) Riporto e/o suolo agrario	3	0.00-1.00	3	(A.G.I.)	0.35
Strato (2)	11	1.00-3.80	11	(A.G.I.)	0.33

Accumulo detritico-colluviale					
----------------------------------	--	--	--	--	--

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Riporto e/o suolo agrario	3	0.00-1.00	3	Ohsaki (Sabbie pulite)	182.56
Strato (2) Accumulo detritico-colluviale	11	1.00-3.80	11	Ohsaki (Sabbie pulite)	619.19

Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \text{SigmaH}/P_0$

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
Strato (1) Riporto e/o suolo agrario	3	0.00-1.00	3	Navfac 1971-1982	0.51
Strato (2) Accumulo detritico-colluviale	11	1.00-3.80	11	Navfac 1971-1982	2.31

$Q_c$  ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

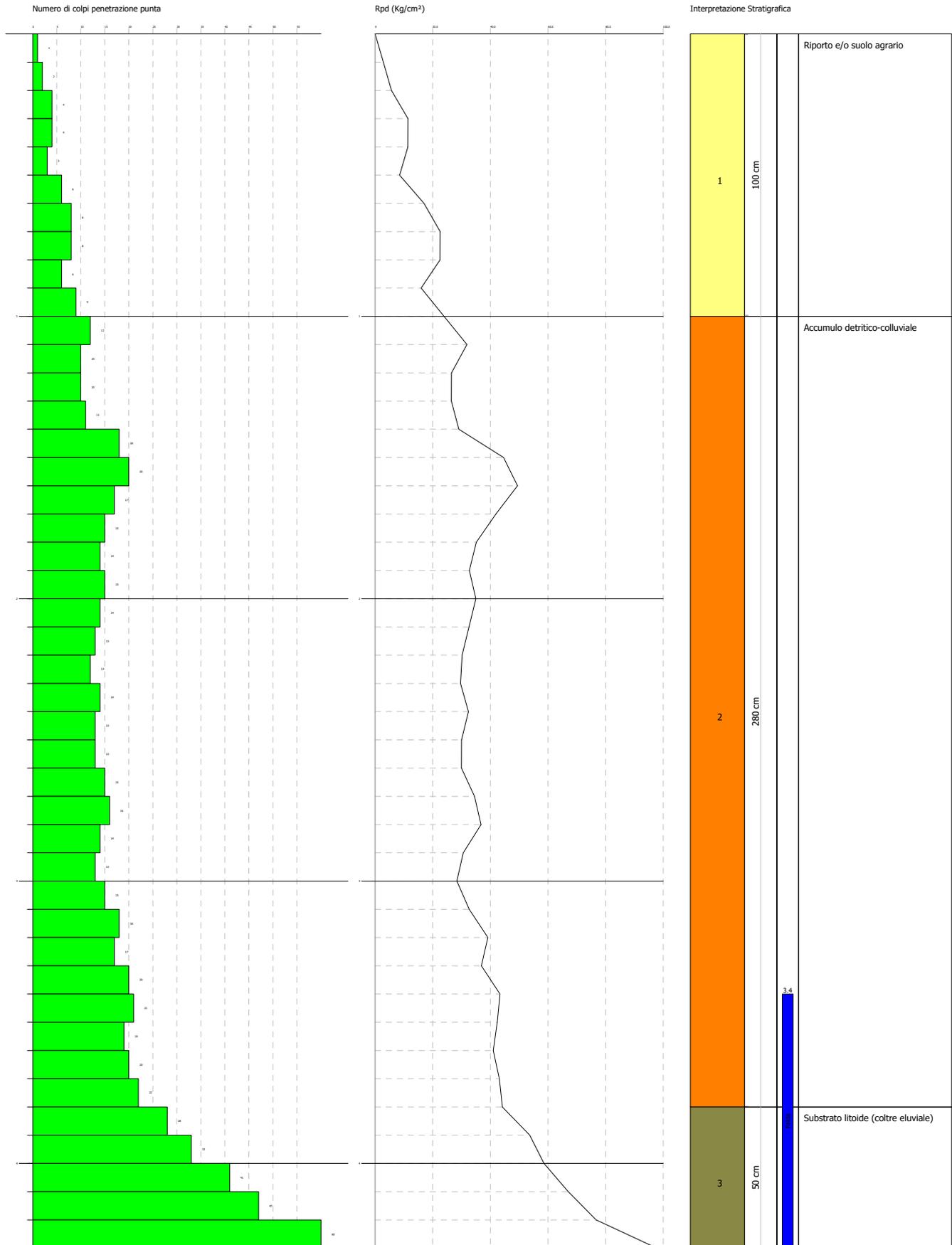
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$Q_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Riporto e/o suolo agrario	3	0.00-1.00	3	Robertson 1983	6.00
Strato (2) Accumulo detritico-colluviale	11	1.00-3.80	11	Robertson 1983	22.00

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)**

Committente: sig. Paesano Giovanni  
 Cantiere: Comune di Roccaigliosa  
 Località: Santa Venere

Data: 16/11/2021

Scala 1:19



## APPENDICE 3

VERIFICHE DI STABILITA' DEL PENDIO

## Relazione di calcolo

### Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

### Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

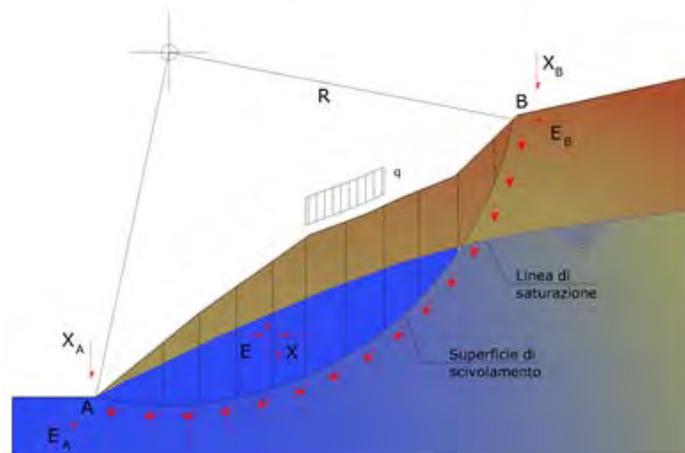
1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione ( $c$ ) e angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

### Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.). Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



### Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a  $n$ , il problema presenta le seguenti incognite:

- $n$  valori delle forze normali  $N_i$  agenti sulla base di ciascun concio;
- $n$  valori delle forze di taglio alla base del concio  $T_i$ ;
- $(n-1)$  forze normali  $E_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$  forze tangenziali  $X_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- $n$  valori della coordinata  $a$  che individua il punto di applicazione delle  $E_i$ ;
- $(n-1)$  valori della coordinata  $x$  che individua il punto di applicazione delle  $X_i$ ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza  $F$ .

Complessivamente le incognite sono  $(6n-2)$ .

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti  $n$ ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale  $n$ ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale  $n$ ;
- equazioni relative al criterio di rottura  $n$ .

Totale numero di equazioni  $4n$ .

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a  $(n-2)$  in quanto si fa l'assunzione che  $N_i$  sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

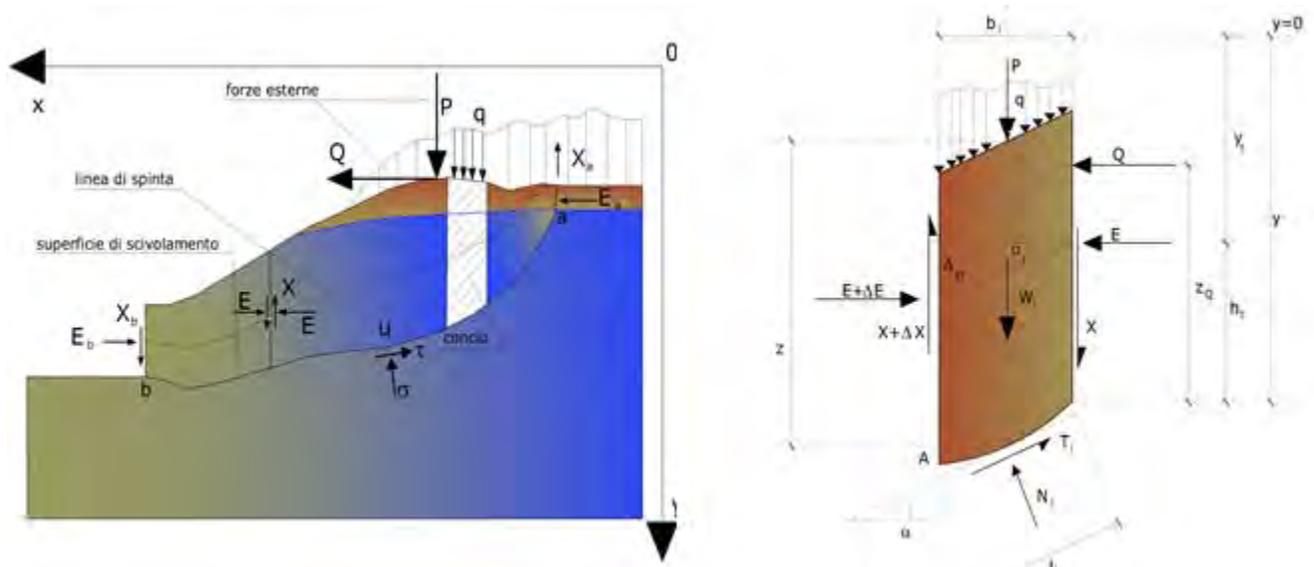
I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le  $(n-2)$  indeterminazioni.

### Metodo di Janbu (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

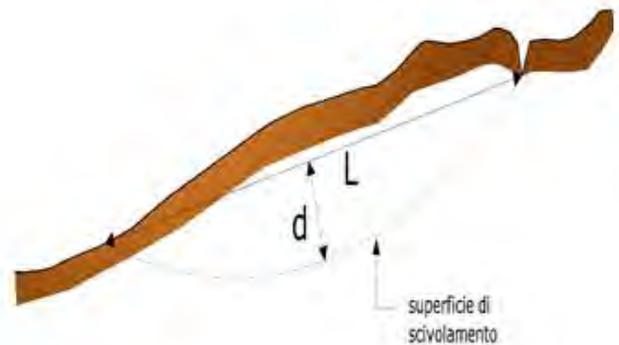
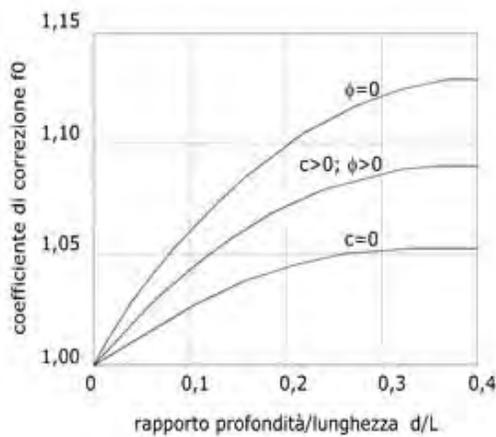


Azioni sul concio *i*-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo  $\Delta X_i = 0$  si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$

dove  $f_0$  è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.



### Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- $F_H$  e  $F_V$  rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- $W$  peso concio;
- $K_x$  coefficiente sismico orizzontale;
- $K_y$  coefficiente sismico verticale.

#### **Ricerca della superficie di scorrimento critica**

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da  $m$  righe e  $n$  colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

**Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)**

Zona	Loc. S. Venere, Roccagloriosa (sa)
Lat./Long.	40.113401/15.459317
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	50.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma generica	

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.35	2.44	0.28
S.L.D.	50.0	0.44	2.45	0.32
S.L.V.	475.0	1.1	2.53	0.45
S.L.C.	975.0	1.39	2.59	0.47

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.42	0.2	0.0086	0.0043
S.L.D.	0.528	0.2	0.0108	0.0054
S.L.V.	1.32	0.24	0.0323	0.0162
S.L.C.	1.668	0.24	0.0408	0.0204

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.032  
 Coefficiente azione sismica verticale 0.016

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	11.93	173.5
2	16.69	175.0
3	35.1	180.0
4	54.46	185.0
5	76.57	190.0

6	105.93	195.0
7	134.87	200.0
8	159.16	205.0
9	191.85	210.0
10	234.53	215.0
11	273.47	220.0
12	307.54	225.0
13	340.24	230.0
14	363.56	235.0
15	389.22	240.0
16	405.89	245.0
17	421.29	250.0

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	11.93	173.5
2	76.57	187.0
3	134.87	197.0
4	234.53	212.0
5	307.54	222.5
6	340.24	227.5
7	363.56	232.5
8	389.22	237.5
9	421.29	246.5

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	11.93	173.5
2	12.03	173.53
3	134.87	195.0
4	191.98	204.0
5	273.47	216.0
6	340.24	226.5
7	363.56	230.8
8	389.22	240.0
9	405.89	245.0
10	405.89	245.0
11	405.89	245.0
12	421.29	250.0

**Vertici superficie Nr...1**

N	X m	y m
1	28.98	178.44
2	137.79	196.0
3	191.85	204.35
4	273.44	216.32
5	340.15	226.95
6	362.95	231.48
7	387.04	239.59

**Coefficienti parziali azioni**

Sfavorevoli: Permanenti, variabili

1.0 1.0

Favorevoli: Permanenti, variabili

1.0 1.0

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0.01		20	1900	2100	Accumulo detritico
2	0.1		22	2000	2200	Substrato litoide

B: Larghezza del conccio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del conccio; Li: Lunghezza della base del conccio; Wi: Peso del conccio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1.67

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	7.14	9.2	7.23	5312.78	170.01	85.0	0.01	20.0	0.0	5130.5	1573.0
2	7.14	9.1	7.23	15018.95	480.61	240.3	0.01	20.0	0.0	14629.6	3671.3
3	7.14	9.2	7.23	24432.39	781.84	390.92	0.01	20.0	0.0	23838.3	5707.4
4	7.14	9.2	7.23	33568.22	1074.18	537.09	0.01	20.0	0.0	32777.4	7682.9
5	7.14	9.1	7.23	40138.74	1284.44	642.22	0.01	20.0	1346.1	37893.4	8811.1
6	7.14	9.2	7.23	46925.26	1501.61	750.8	0.01	20.0	3772.1	42155.8	9755.5
7	7.14	9.1	7.23	53711.54	1718.77	859.38	0.01	20.0	6198.1	46427.1	10696.6
8	7.14	9.2	7.23	54900.98	1756.83	878.42	0.01	20.0	6790.7	47006.2	10827.5
9	7.14	9.2	7.23	55813.4	1786.03	893.01	0.01	20.0	7301.4	47399.3	10914.3
10	7.14	9.1	7.23	56815.28	1818.09	909.04	0.01	20.0	7854.7	47843.2	11009.4
11	7.14	9.2	7.23	57817.39	1850.16	925.08	0.01	20.0	8408.1	48277.2	11108.4
12	7.14	9.2	7.23	58917.33	1885.36	942.68	0.01	20.0	8833.7	48937.1	11254.2
13	7.14	9.1	7.23	60158.73	1925.08	962.54	0.01	20.0	9387.0	49615.5	11401.0
14	7.14	9.2	7.23	61400.14	1964.81	982.4	0.01	20.0	9940.3	50283.6	11551.8
15	7.14	9.2	7.23	62552.11	2001.67	1000.83	0.01	20.0	10451.1	50911.0	11690.4
16	7.14	8.8	7.23	66479.2	2127.33	1063.67	0.01	20.0	10201.1	55024.0	12584.6
17	7.14	8.8	7.23	71365.27	2283.69	1141.84	0.01	20.0	9962.9	60037.3	13692.7
18	7.14	8.7	7.22	76321.7	2442.29	1221.15	0.01	20.0	9835.2	65021.0	14789.1
19	7.14	8.8	7.23	79207.88	2534.65	1267.33	0.01	20.0	9622.5	68047.0	15461.0
20	7.14	8.7	7.22	79023.1	2528.74	1264.37	0.01	20.0	9409.8	68082.0	15464.7
21	7.14	8.8	7.23	78837.9	2522.81	1261.41	0.01	20.0	9197.0	68101.4	15473.0
22	7.14	8.7	7.22	78652.68	2516.89	1258.44	0.01	20.0	8984.1	68136.1	15476.7
23	7.14	8.7	7.22	78625.58	2516.02	1258.01	0.01	20.0	8846.4	68250.2	15498.8
24	7.14	8.4	7.22	76119.29	2435.82	1217.91	0.01	20.0	8964.0	65706.7	14925.4

---

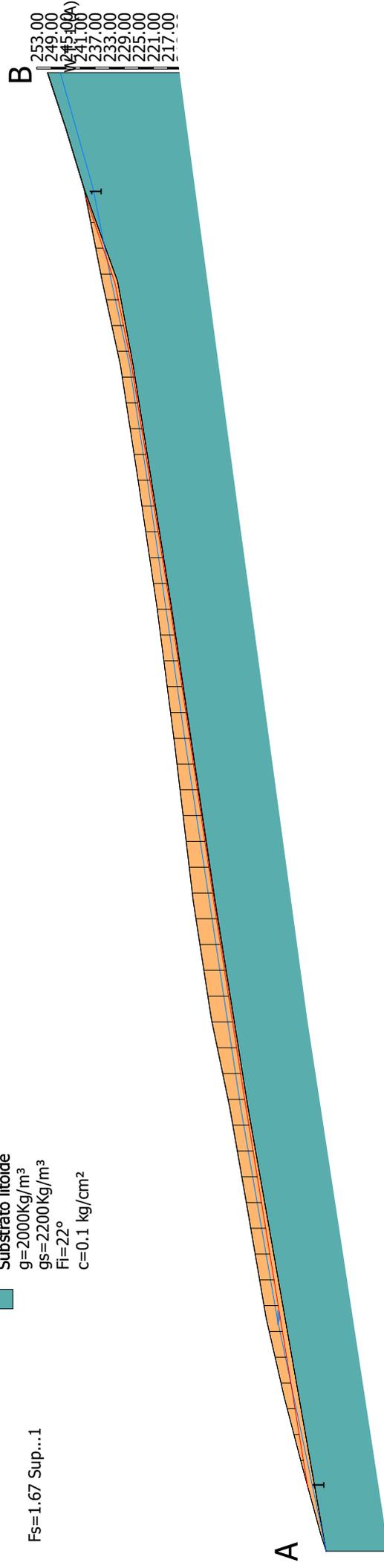
25	7.14	8.4	7.2273270.17	2344.65	1172.32	0.01	20.0	9134.3	62749.6	14273.3
26	7.14	8.4	7.2270421.05	2253.47	1126.74	0.01	20.0	9304.6	59792.6	13621.3
27	7.14	8.4	7.2267572.12	2162.31	1081.15	0.01	20.0	9474.8	56835.8	12969.4
28	7.14	8.4	7.2264722.98	2071.14	1035.57	0.01	20.0	9645.0	53878.9	12317.4
29	7.14	8.4	7.2261874.07	1979.97	989.99	0.01	20.0	9815.3	50922.0	11665.4
30	7.14	8.4	7.2259900.88	1916.83	958.41	0.01	20.0	9754.9	49048.7	11252.3
31	7.14	8.3	7.2258162.87	1861.21	930.61	0.01	20.0	9627.2	47477.7	10903.2
32	7.14	8.4	7.2256425.27	1805.61	902.8	0.01	20.0	9499.5	45895.0	10556.9
33	7.14	8.4	7.2254598.22	1747.14	873.57	0.01	20.0	9329.3	44272.3	10199.2
34	7.14	8.4	7.2252771.15	1688.68	844.34	0.01	20.0	9159.0	42649.8	9841.4
35	7.14	9.0	7.2351032.07	1633.03	816.51	0.01	20.0	8775.5	41287.4	9558.4
36	7.14	9.0	7.2349730.83	1591.39	795.69	0.01	20.0	8009.0	40764.2	9442.8
37	7.14	9.1	7.2348341.26	1546.92	773.46	0.01	20.0	7200.3	40191.3	9318.8
38	7.14	9.0	7.2346951.45	1502.45	751.22	0.01	20.0	6391.5	39627.1	9191.7
39	7.14	9.0	7.2345651.36	1460.84	730.42	0.01	20.0	5625.5	39104.4	9076.2
40	7.14	9.1	7.2344696.47	1430.29	715.14	0.01	20.0	5140.5	38640.3	8976.1
41	7.14	9.0	7.2343987.84	1407.61	703.81	0.01	20.0	4757.6	38325.9	8904.2
42	7.14	9.0	7.2343385.25	1388.33	694.16	0.01	20.0	4502.2	37986.1	8829.2
43	7.14	9.1	7.2342693.43	1366.19	683.1	0.01	20.0	4204.3	37596.4	8745.5
44	7.14	10.2	7.2641070.19	1314.25	657.12	0.01	20.0	3377.3	36774.9	8594.7
45	7.14	11.2	7.2843723.36	1399.15	699.57	0.01	20.0	4684.6	38065.3	8911.3
46	7.14	11.3	7.2845312.44	1450.0	725.0	0.01	20.0	5408.0	38909.3	9102.1
47	7.14	13.9	7.3644258.37	1416.27	708.13	0.01	20.0	4949.9	38317.1	9067.4
48	7.14	18.5	7.53 34331.7	1098.61	549.31	0.01	20.0	229.7	33376.0	8156.3
49	7.14	18.6	7.5420573.73	658.36	329.18	0.01	20.0	0.0	20082.4	5100.1
50	7.14	18.6	7.53 6838.52	218.83	109.42	0.01	20.0	0.0	6580.2	1990.7

# VERIFICA DI STABILITA' - ANTE OPERAM

Accumulo detritico  
 $g=1900\text{Kg/m}^3$   
 $gs=2100\text{Kg/m}^3$   
 $F_i=20^\circ$   
 $c=0.01\text{ kg/cm}^2$

Substrato litoide  
 $g=2000\text{Kg/m}^3$   
 $gs=2200\text{Kg/m}^3$   
 $F_i=22^\circ$   
 $c=0.1\text{ kg/cm}^2$

$F_s=1.67\text{ Sup...1}$



**Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)**

Zona	Loc. S. Venere, Roccagloriosa (sa)
Lat./Long.	40.113401/15.459317
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	50.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma generica	

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.35	2.44	0.28
S.L.D.	50.0	0.44	2.45	0.32
S.L.V.	475.0	1.1	2.53	0.45
S.L.C.	975.0	1.39	2.59	0.47

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.42	0.2	0.0086	0.0043
S.L.D.	0.528	0.2	0.0108	0.0054
S.L.V.	1.32	0.24	0.0323	0.0162
S.L.C.	1.668	0.24	0.0408	0.0204

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.032  
 Coefficiente azione sismica verticale 0.016

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	11.93	173.5
2	16.69	175.0
3	35.1	180.0
4	54.46	185.0
5	76.57	190.0

6	105.93	195.0
7	134.87	200.0
8	159.16	205.0
9	191.85	210.0
10	234.53	215.0
11	273.47	220.0
12	307.54	225.0
13	340.24	230.0
14	363.56	235.0
15	389.22	240.0
16	405.89	245.0
17	421.29	250.0

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	11.93	173.5
2	76.57	187.0
3	134.87	197.0
4	234.53	212.0
5	307.54	222.5
6	340.24	227.5
7	363.56	232.5
8	389.22	237.5
9	421.29	246.5

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	11.93	173.5
2	12.03	173.53
3	134.87	195.0
4	191.98	204.0
5	273.47	216.0
6	340.24	226.5
7	363.56	230.8
8	389.22	240.0
9	405.89	245.0
10	405.89	245.0
11	405.89	245.0
12	421.29	250.0

**Vertici superficie Nr...1**

N	X m	y m
1	18.47	177.38
2	28.98	178.44
3	137.79	196.0
4	191.85	204.35
5	273.44	216.32
6	340.15	226.95
7	362.95	231.48
8	387.05	239.59

**Coefficienti parziali azioni**

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

### Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0		20	1900	2100	Accumulo detritico	
2	0.1		22	2000	2200	Substrato litoide	

### Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (Kg)	Fy (Kg)	M (Kgm)
1	65.95	187.41	0	10000	0
2	115.66	196.29	0	10000	0
3	166.09	206	0	10000	0
4	215.09	212.62	0	10000	0
5	266.94	219	0	10000	0
6	323.04	227.18	0	10000	0
7	373.82	237	0	10000	0

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1.60

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	7.14	9.2	7.23	5313.31	170.03	85.01	0.0	20.0	0.0	5191.3	1196.1
2	7.14	9.1	7.23	15020.11	480.64	240.32	0.0	20.0	0.0	14676.8	3380.8
3	7.14	9.2	7.23	24434.18	781.89	390.95	0.0	20.0	0.0	23873.2	5500.7
4	7.14	9.2	7.23	3570.63	1074.26	537.13	0.0	20.0	0.0	32799.9	7557.5
5	7.14	9.1	7.23	40141.91	1284.54	642.27	0.0	20.0	1346.1	37909.0	8732.5
6	7.14	9.2	7.23	56928.99	1821.73	910.86	0.0	20.0	3772.2	51936.3	11966.9
7	7.14	9.1	7.23	53716.05	1718.91	859.46	0.0	20.0	6198.2	46431.7	10695.7
8	7.14	9.2	7.23	54904.9	1756.96	878.48	0.0	20.0	6790.9	47009.3	10831.6
9	7.14	9.2	7.23	55817.96	1786.18	893.09	0.0	20.0	7301.6	47402.5	10922.2
10	7.14	9.1	7.23	56820.07	1818.24	909.12	0.0	20.0	7854.9	47846.0	11021.5
11	7.14	9.2	7.23	57822.41	1850.32	925.16	0.0	20.0	8408.3	48279.6	11124.3
12	7.14	9.2	7.23	58922.99	1885.54	942.77	0.0	20.0	8833.9	48939.1	11276.2
13	7.14	9.1	7.23	70164.84	2245.28	1122.64	0.0	20.0	9387.2	59388.4	13680.3
14	7.14	9.2	7.23	61406.48	1965.01	982.5	0.0	20.0	9940.5	50284.3	11586.2
15	7.14	9.2	7.23	62558.88	2001.88	1000.94	0.0	20.0	10451.3	50911.2	11730.7
16	7.14	8.8	7.23	66487.51	2127.6	1063.8	0.0	20.0	10201.3	50202.2	12663.0
17	7.14	8.8	7.23	71391.16	2284.52	1142.26	0.0	20.0	10048.4	59960.3	13801.4

---

18	7.14	8.7	7.2276331.06	2442.59	1221.3	0.0	20.0	9835.5	65004.5	14958.7
19	7.14	8.8	7.2379215.85	2534.91	1267.45	0.0	20.0	9622.8	68024.7	15657.7
20	7.14	8.7	7.2289031.07	2848.99	1424.5	0.0	20.0	9410.0	77835.7	17911.4
21	7.14	8.8	7.2378846.29	2523.08	1261.54	0.0	20.0	9197.2	68079.5	15670.3
22	7.14	8.7	7.2278661.48	2517.17	1258.58	0.0	20.0	8984.3	68114.8	15674.4
23	7.14	8.7	7.2278634.57	2516.31	1258.15	0.0	20.0	8846.6	68229.1	15697.8
24	7.14	8.4	7.2276126.78	2436.06	1218.03	0.0	20.0	8964.2	65688.5	15101.3
25	7.14	8.4	7.2273277.81	2344.89	1172.45	0.0	20.0	9134.5	62735.5	14422.4
26	7.14	8.4	7.2280429.04	2573.73	1286.87	0.0	20.0	9304.8	69563.2	15992.1
27	7.14	8.4	7.2267580.25	2162.57	1081.28	0.0	20.0	9475.0	56830.0	13064.8
28	7.14	8.4	7.2264731.25	2071.4	1035.7	0.0	20.0	9645.2	53877.0	12385.9
29	7.14	8.4	7.2261882.49	1980.24	990.12	0.0	20.0	9815.5	50924.2	11707.1
30	7.14	8.4	7.2259910.09	1917.12	958.56	0.0	20.0	9755.1	49054.2	11277.2
31	7.14	8.4	7.2258083.21	1858.66	929.33	0.0	20.0	9585.0	47433.8	10904.7
32	7.14	8.3	7.2256345.75	1803.06	901.53	0.0	20.0	9457.1	45865.4	10541.6
33	7.14	8.4	7.2254608.34	1747.47	873.73	0.0	20.0	9329.5	44285.0	10180.8
34	7.14	8.4	7.2262798.46	2009.55	1004.78	0.0	20.0	9244.3	52378.7	12041.5
35	7.14	9.0	7.2351043.97	1633.41	816.7	0.0	20.0	8775.7	41306.5	9512.6
36	7.14	9.0	7.2349742.92	1591.77	795.89	0.0	20.0	8009.2	40784.2	9392.3
37	7.14	9.1	7.2348353.72	1547.32	773.66	0.0	20.0	7200.5	40212.6	9263.1
38	7.14	9.0	7.2346964.09	1502.85	751.43	0.0	20.0	6391.6	39649.3	9131.0
39	7.14	9.0	7.2345664.38	1461.26	730.63	0.0	20.0	5625.6	39127.7	9010.9
40	7.14	9.1	7.23 44710.3	1430.73	715.36	0.0	20.0	5140.7	38665.2	8906.7
41	7.14	9.0	7.2344018.88	1408.6	704.3	0.0	20.0	4842.8	38284.7	8816.7
42	7.14	9.1	7.2353310.23	1705.93	852.96	0.0	20.0	4459.8	47733.8	10995.7
43	7.14	9.0	7.2342618.58	1363.8	681.9	0.0	20.0	4161.8	37581.8	8654.9
44	7.14	10.2	7.2641090.57	1314.9	657.45	0.0	20.0	3377.3	36810.9	8508.4
45	7.14	11.2	7.2843744.42	1399.82	699.91	0.0	20.0	4684.7	38101.4	8835.6
46	7.14	11.3	7.2845333.95	1450.69	725.34	0.0	20.0	5408.2	38944.5	9034.0
47	7.14	13.9	7.3644280.27	1416.97	708.48	0.0	20.0	4950.0	38358.3	8989.7
48	7.14	18.5	7.5334351.92	1099.26	549.63	0.0	20.0	229.7	33439.8	8022.7
49	7.14	18.6	7.5430594.06	979.01	489.51	0.0	20.0	0.0	29986.8	7197.9
50	7.14	18.6	7.53 6848.4	219.15	109.57	0.0	20.0	0.0	6711.9	1610.6

